

Выпуск 81

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

МИНИАТЮРНЫЙ ТЕСТЕР С ПРОБНИКОМ

А. Ладыка

Карманный вольтомметр, принципиальная схема которого приведена на рис. 1, можно применять для измерения режимов электронной аппаратуры в цехах промышленных предприятий, в походных и бытовых условиях. Прибор собран из недефицитных деталей, имеет простую конструкцию и может быть повторен радиолюбителями.

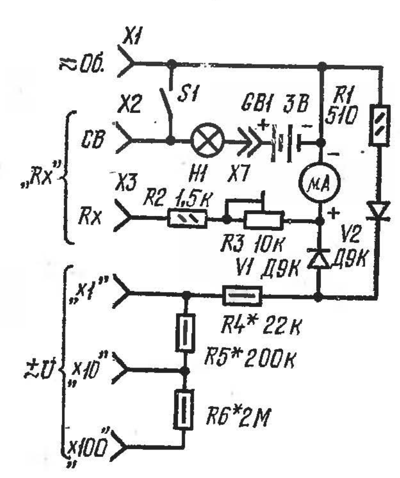


Рис. 1. Принципиальная схема тестера

Вольтомметр позволяет измерять постоянное напряжение с пределами 10, 100 и 1000 В; переменное напряжение с пределами 22, 220 и 2200 В, сопротивление постоянному току от 500 Ом до 500 кОм на одном пределе. Для упрощения конструкции измерение тока не предусмотрено, но его силу во многих случаях легко выделить по падению напряжения на резисторе с известным сопротивлением.

В тестер встроен пробник на лампе накаливания 2,5В × 0,15 А,

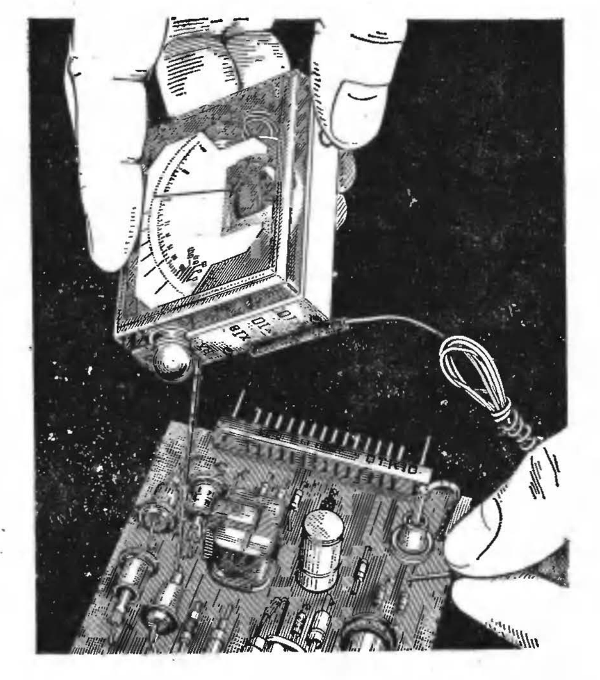


Рис. 2. Внешний вид тестера

используемой и для подсветки измеряемых деталей. Внешний вид тестера показан на рис. 2.

Многие недооценивают полезность простого пробника в поиске неисправностей, отдавая предпочтение стрелочному прибору. Наглядность, простота конструкции и однозначность результатов — вот главные достоинства пробника. После недолгой тренировки им можно примерно определять сопротивления до 30 Ом по яркости свечения лампочки. Кроме того, пробником можно фиксировать неисправность диодов и транзисторов, во многих случаях даже не выпаивая их, следя лишь за тем, чтобы $p-n$ переходы проверяемых полупроводниковых приборов не были зашунтированы низкоомными цепями, а конденсаторы цепей питания были разряжены.

Прибор собран в корпусе размером 70×55×24 мм, в качестве которого использована упаковка от часов «Полет». В тестере после незначительной доработки применен недорогой стрелочный прибор М478, используемый в магнитофонах «Весна-306», «Спутник» и др. Предпочтение следует отдавать головке с меньшим током полного откло-

нения и с большим сопротивлением рамки. Номиналы резисторов, приведенные на схеме, соответствуют случаю, когда сопротивление прибора равно 510 Ом. Шкала прибора приближается к логарифмической. Начальный участок шкалы расширен, а конечный сжат, что увеличивает точность отсчета малых величин и позволяет измерять постоянные напряжения до 1000 В и переменные напряжения до 2200 В всего на трех поддиапазонах с перекрытием на шкале примерно 30%.

Измерение сопротивлений производится в одном, но достаточно широком диапазоне от 500 Ом (начало шкалы) до 500 кОм (конечное деление шкалы). В диапазоне 1 . . . 15 кОм шкала почти линейна.

Измеряемое переменное напряжение выпрямляется однополупериодным выпрямителем на диоде *V1*. Сопротивление резистора *R1* равно сопротивлению рамки прибора. Этот резистор служит для выравнивания тока во время обратной полуволны напряжения на диоде *V2* с прямым током, проходящим через диод *V1* и рамку прибора.

Резисторы *R4*, *R5*, *R6* — добавочные сопротивления вольтметра. Переменный резистор *R3* служит для установки нуля омметра. В цепях упрощения ток при измерении сопротивлений течет также через лампочку *H1*, нить накала которой имеет сопротивление всего несколько ом и не вносит ощутимую погрешность в показания омметра, нижний предел которого 500 Ом.

Переделка микроамперметра М478 заключается в следующем. Острым ножом срезают приклеенную крышку и прозрачное окошко. Стрелку прибора выпрямляют и обрезают до длины 20 мм. К ней с перекрытием 5 мм приклеивают клеем «Момент-1» новую стрелку. Общая длина новой стрелки, измеренной от оси рамки, равна 33—34 мм. Поскольку удлиненная стрелка тяжелее, с противоположной стороны к специальному лепестку припаивают противовес, изготовленный из отрезка медного провода длиной 3 мм и диаметром 1—1,2 мм.

Шкалу изготовляют из стеклотекстолита толщиной 1 мм, и на одну сторону приклеивают мелованную бумагу. При этом шкала должна плотно входить в пазы пластмассового основания, прорезанные на высоте 3 мм от верхней кромки. После окончательной установки шкалу фиксируют клеем БФ-2 или «Суперцемент».

Развернув магнитную систему в пластмассовом основании прибора М478, доводят размах хода стрелки до 100°. Нулевой и конечный уровни шкалы должны вписываться в угол рабочего хода стрелки, равный 95—98°. Ограничи-

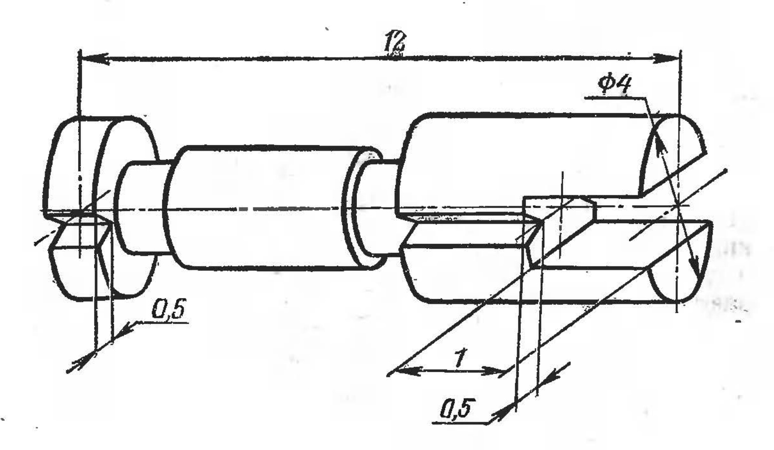


Рис. 3. Эскиз переделки разъемов ШР

тельные упоры, изготовленные из тонкого стального провода, вдавливаются горячим паяльником в пластмассовое основание так, чтобы стрелка, находясь на крайних отметках шкалы, не доходила до упоров примерно на 0,5 мм.

Поскольку прибор предполагается эксплуатировать в любом положении, важное значение приобретает балансировка подвижной системы.

Совмещения стрелки с началом шкалы добиваются в трех плоскостях хода стрелки. В горизонтальной — вращением кольца нижней пружины; в вертикальной, когда стрелка и противовес, как коромысло, находятся на одной горизонтальной линии,— смещением противовеса тонким жалом паяльника и в вертикальной, когда стрелка направлена в зенит,— добавкой припоя на боковые лепестки у оси рамки, а также некоторым смещением противовеса от оси стрелки. Чистовую коррекцию балансировки допустимо производить крошечными порциями быстросохнущего клея или лака. Аккуратно проделав весь цикл балансировки, убеждаются в независимости показаний стрелки от положения прибора.

Несущим элементом конструкции минитестера является стеклотекстолитовая плата размером 67×51 мм и толщиной 1 мм. На меньшей стороне на расстоянии 8 мм друг от друга делается шесть пропилов для гнезд шириной 3 и глубиной 10 мм. Внутренние кромки пропилов заостряют.

Гнезда от стандартных разъемов ШР обрезают до длины 12 мм и на них по всей длине прорезают по две ка-

навки глубиной около 0,5 мм (рис. 3). С задней стороны, в совпадении с канавками, делается торцевой пропил на глубину 2 мм. Гнезда туго, на клее БФ, задвигают в пропилы платы заподлицо. С нижней стороны платы металлические выступы гнезд примерно на 0,5 мм снимаются на наждачном круге.

Патрон для лампочки изготовляют из голого медного провода диаметром 1 мм, навивая его на цоколь лампочки. Для патрона достаточно 2—3 витка. Концы провода изгибают под прямым углом к плоскости витков и припаивают к гнезду «СВ» и батарее питания. Плату легко, но без люфта, вставляют в непрозрачную часть коробки и против гнезд в корпусе коробки сверлят шесть отверстий диаметром 2 мм с последующим зенкованием. Против держателя лампочки также делается отверстие по диаметру цоколя.

Поперек платы, на расстоянии 13 мм от края, где расположены гнезда, закрепляют планку из оргстекла размером 44×12×3 мм. Ее можно крепить на медных штырях, предварительно вплавленных в оргстекло. На планке против элементов питания закреплены два контактных лепестка из жести. С другой стороны элементы питания подпирает пружинящий контакт из латуни, закрепленный на плате заклепками.

Кнопка подсветки — микропереключатель типа МП-1 с нарезанной в его отверстиях резьбой М2,5, крепится болтами на плате в нижней части. Шляпки болтов спиливают напильником до высоты 1 мм. На подвижный штырек микропереключателя приклеивают пластмассовый колпачок диаметром 3—4 мм, выступающий из отверстия в корпусе прибора на 1 мм.

В правой части платы расположен подстроечный резистор *R3* типа СПЗ-19б, против шлица которого в корпусе прибора сделано отверстие диаметром 2—3 мм.

Резисторы *R5* и *R6* типа МЛТ-0,5 припаивают к соответствующим гнездам, а остальные детали крепят на монтажной плате.

Вместо потенциометра СПЗ-19б можно использовать любой подходящего размера, а вместо диодов Д9К — любые другие, точечные.

Предварительно смоделировав расположение деталей в коробке, закрывают крышку, сняв часть материала для того, чтобы можно было разместить элементы питания. Два упора, вклеенные изнутри дихлорэтаном в верхнюю часть крышки, обеспечивают ее параллельность по отношению к поверхности шкалы.

Градуируют вольтомметр, подав точно +10 В постоянного напряжения на гнездо *X4* и подбирая сопротивление резистора *R4*, совмещая стрелку с последним делением шкалы. Изменяя напряжение с шагом 0,5 В, тонкими штрихами острозаточенного карандаша градуируют шкалу постоянного напряжения. Подав на гнездо *X5* напряжение +100 В, подбирают сопротивление резистора *R5*, а +1000 В на гнездо *X6* — подбирают *R6*. Точную подгонку *R5* и *R6* можно производить по показаниям в средней части шкалы, сверяя их с показаниями образцового вольтметра.

Подавая на гнездо *X4* переменное напряжение 22 В с шагом 1 В, градуируют шкалу измерений переменного напряжения.

Значения напряжений 10 В постоянного и 22 В переменного тока практически совпадают в конце шкалы.

Шкалу измерения сопротивлений калибруют, подключая к гнездам «СВ» *(X2)* и «Rx» *(X3)* резисторы с допуском ±1 ... ±5%.

Для удобства считывания шкалы после градуировки обводят цветной тушью, например: верхнюю — переменное напряжение — красной, среднюю — постоянное напряжение — черной, нижнюю — сопротивление — зеленой.

При калибровке и измерениях на третьем пределе необходимо тщательно соблюдать правила техники безопасности при работе с высоким напряжением.

Измерения больших напряжений лучше делать в защитных перчатках и кратковременно, так как возможен перегрев резистора *R6*.

Измерительный штырь диаметром 1,5—2 мм и длиной 74 мм удобно хранить внутри прибора, вдоль нижней его части. Чтобы штырь при транспортировке не выпадал, внутри необходимо приклеить кусочек поролона. Для удобства вытягивания на конце штыря необходимо сделать небольшой пропил.

Заряд статического электричества, который может скопиться на крышке прибора, снимается легким увлажнением ее поверхности или обработкой антистатиком.

ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР

М. Васильев, В. Попов

Прибор предназначен для измерения постоянных и переменных напряжений и токов, сопротивления, емкости и частоты. Результаты измерений отображаются на четырехразрядном цифровом табло. Прибор достаточно прост в налаживании и удобен в работе. Определение полярности измеряемого напряжения или тока производится автоматически. Коммутация измеряемых величин и пределов измерений осуществляется вручную с помощью кнопочных переключателей. При переполнении счетчиков зажигается индикатор «Перегрузка».

Техническая характеристика

Верхние пределы измерений на поддиапазонах:	
постоянного и переменного напряжений, В	0,1; 1; 10; 100; 1000
постоянного и переменного тока, мА	0,1; 1; 10; 100; 1000
сопротивления, кОм	0,1; 1; 10; 100; 1000
емкости, мФ	0,01; 0,1; 1; 10
частоты, кГц	100; 1000; 10^4
Падение напряжения на входе при измерении тока, мВ	100
Полоса частот при измерении переменных токов и напряжений, Гц	30 . . . 15000
Входное сопротивление, МОм, не менее	10
Основная погрешность измерений, %, не более, при измерении:	
токов и напряжений	0,5
сопротивлений на пределах 0,1; 1; 10	0,5
сопротивлений на пределе 100	1
сопротивлений на пределе 1000	2
емкости на пределе 0,01	1
емкости на пределах 0,1; 1; 10	0,5
частоты	0,02
Время установления показаний постоянных напряжений, токов и прочих величин, с, не более	1
Потребляемая мощность, Вт, не более	15
Габариты, мм	200×165×70
Масса	Около 1,2 кг

В основу работы прибора положен метод время-импульсного кодирования. Прибор состоит из аналогового преобразователя и блока индикации (рис. 1).

Аналоговый преобразователь содержит входные делители напряжения и тока *R1—R10*, стабилизатор тока *V18* с делителями *R11—R15* для измерения сопротивлений, линейный детектор *A2*, входной усилитель *A1*, компараторы «+» (*A3*) и «—» (*A4*), индикаторы полярности (*V9—V12*), генераторы линейно-возрастающих

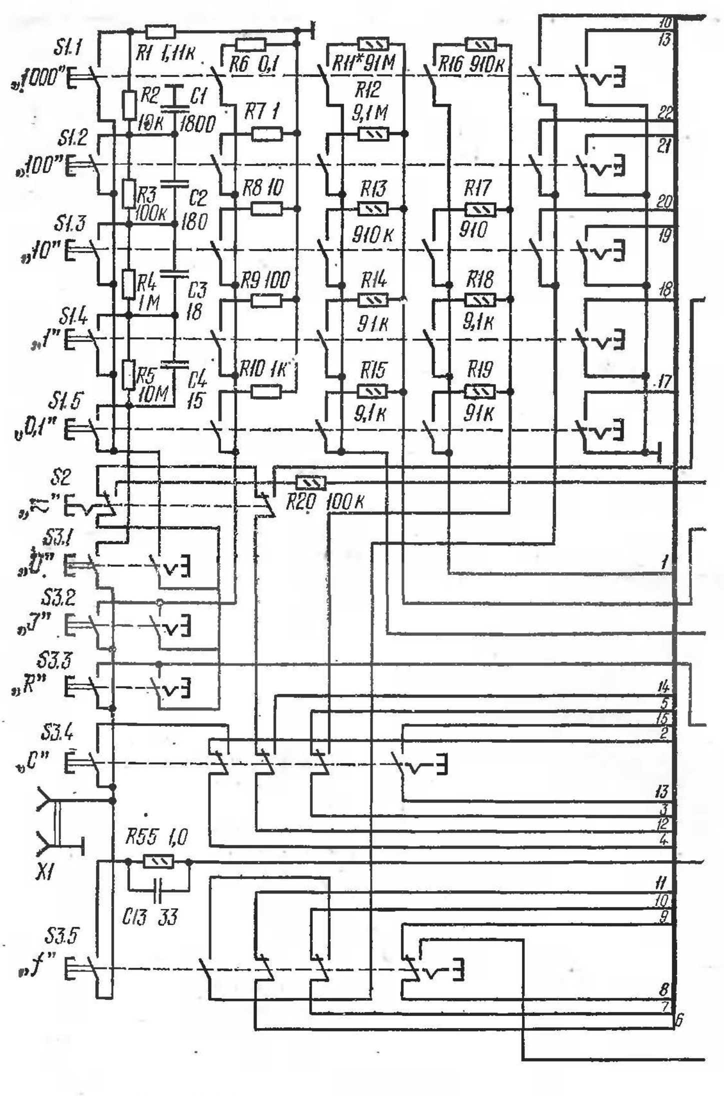


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

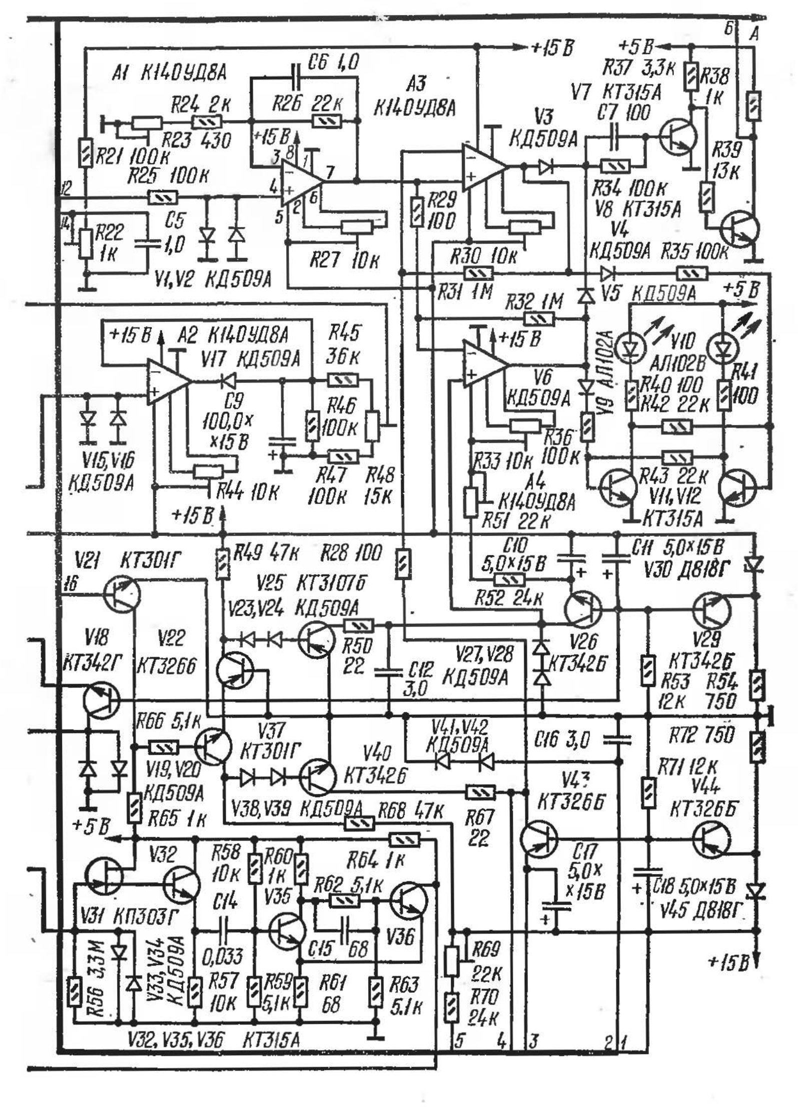


Рис. 1. Принципиальная схема устройства (*продолжение*)

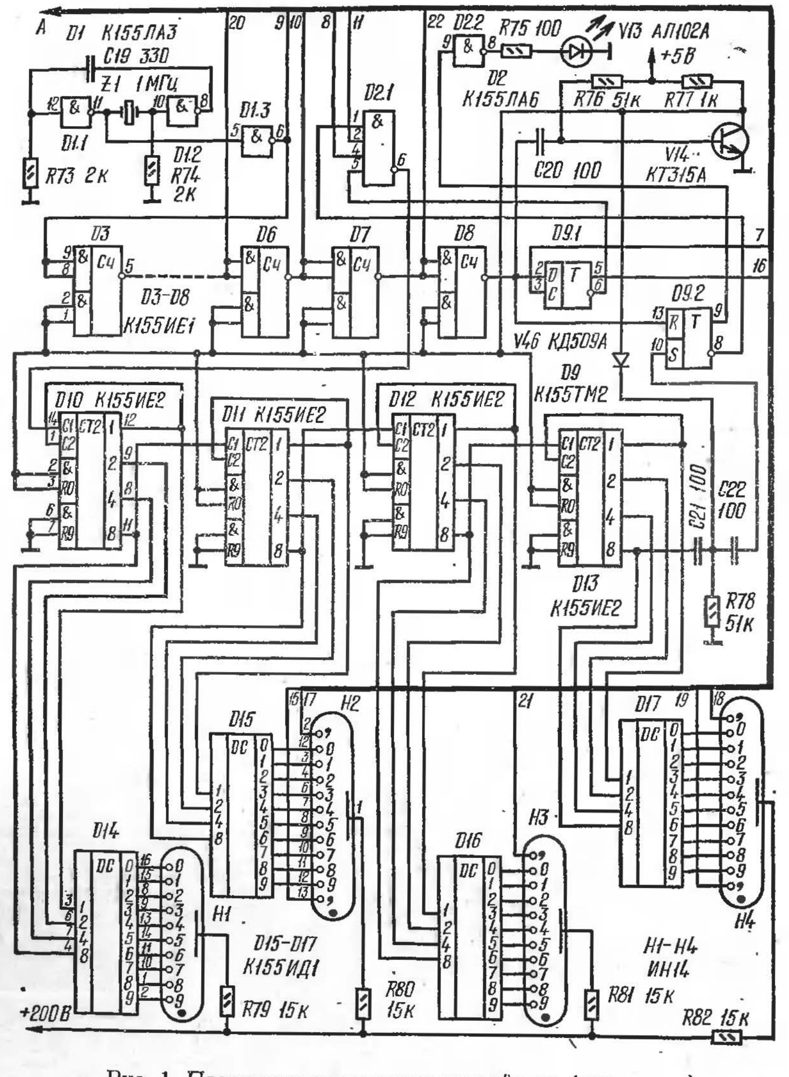


Рис. 1. Принципиальная схема устройства (*окончание*)

напряжений положительной *(V40—V44)* и отрицательной полярности *(V25—V29)*, электронные ключи *(V21, V22, V37)*, преобразователь уровня *(V7, V8)*, усилитель *(V31, V32)* с триггером Шмитта *(V35, V36)* для измерения частоты.

Блок индикации состоит из генератора эталонной частоты 1 МГц *(Z1, D1)*, делителей частоты *(D3—D8)*, триггера «индикация — измерение» *D9.1*, счетчиков с дешифраторами *(D10—D17)* цифровых индикаторов *(H1—H4)*, устройства установки нуля *V14*, триггера переполнения счетчика *D9.2*, индикатора перегрузки *(D2.2, V13)*.

Измеряемое напряжение через разъем *X1* и переключатель входов поступает на частотно-компенсированный высокоомный входной делитель *R2—R5, C1—C4*, служащий для расширения пределов измерений. С делителя напряжение поступает на входной усилитель аналогового преобразователя, выполненный на операционном усилителе *A1*. Усилитель имеет высокое входное сопротивление и малый дрейф нуля. Наличие глубокой обратной связи улучшает стабильность коэффициента передачи. Балансировку нуля усилителя осуществляют подстроечным резистором *R27*. Степень обратной связи регулируют резистором *R23*. Наличие конденсатора *C6* в цепи обратной связи улучшает помехозащищенность. Коэффициент усиления усилителя равен 10.

На входе усилителя включены защитные диоды *V1* и *V2*. Они должны иметь малый ток утечки.

При измерении токов используют низкоомный делитель *R6—R10*, падение напряжения на котором составляет 100 мВ.

При измерении сопротивлений от стабилизатора тока *V18* с делителем *R11—R15* по измеряемому резистору проходит ток, создающий падение напряжения, которое поступает на входной усилитель, собранный на ОУ *A1*.

Чтобы измерять переменные напряжения и токи переключателем *S2*, к входному усилителю подключают линейный детектор на операционном усилителе *A2*. Линейный детектор имеет высокое входное сопротивление и охвачен 100%-ной отрицательной обратной связью с выхода на неинвертирующий вход. Балансировку нуля производят подстроечным резистором *R44*. Конденсатор *C9* играет роль фильтра. Резистором *R48* устанавливают выходное напряжение, равное $0{,}7\ U$. В свою очередь $U = 1{,}41\ U_{вх}$. Следовательно, при измерении переменных напряжений на отсчетном устройстве получают действующие значения для

синусоидальной формы кривой. Диоды *V15* и *V16* являются защитными.

Выходной сигнал с усилителя на ОУ *A1* поступает на входы компараторов «+» и «—». Компараторы выполнены на операционных усилителях *A3* и *A4*. Отрицательная обратная связь на резисторах, соответственно *R28* и *R31*, *R29* и *R32*, подобрана так, что коэффициент усиления компараторов равен 10 000. Поэтому, используя их совместно с усилителем *A1*, оказалось возможным получить разрешающую способность прибора около 100 мкВ при малом дрейфе нуля и обеспечить указанный выше класс точности.

Одновременно на другие входы компараторов поступает линейно-возрастающее опорное напряжение, вырабатываемое генераторами на транзисторах *V40* и *V43, V44* и *V25, V26* и *V29*. Разрешение на запуск генераторов с триггера *D9.1* «индикация—измерение» поступает через ключевое устройство *V21, V22, V37*. Напряжение положительной полярности формируется генератором *V40, V41, V44*, а отрицательное — генератором *V25, V26, V29*. Максимальная амплитуда напряжения составляет 1 В. Скорость нарастания напряжения, т. е. скорость зарядки конденсаторов *C12* и *C16*, подбирают подстроечными резисторами *R51* и *R69* так, чтобы за 0,01 с напряжение на конденсаторе достигло максимума (1 В). Таким образом, ток зарядки составляет около 300 мкА. Стабилизация тока осуществляется транзисторами *V26* и *V43*. Качество стабилизации улучшено за счет использования эмиттерных переходов транзисторов *V29* и *V44* как температурных компенсаторов. Диоды *V27, V28* и *V41, V42* служат для защиты входов соответствующих компараторов. Последовательно включенные диоды *V23, V24* и *V38, V39* создают опорное напряжение на коллекторах электронных ключей *V22* и *V37*.

В тот момент, когда измеряемое напряжение и линейно-возрастающее напряжение сравняются, оба компаратора из нулевого состояния перейдут в рабочее, и на их выходах появятся напряжения противоположных знаков. В зависимости от этого триггер *V11, V12* индикатора полярности меняет свое состояние и загорается соответственно один из светодиодов *V9* или *V10*. Последние имеют разный цвет свечения. Так автоматически определяется полярность измеряемого постоянного напряжения или тока. Мигание обоих светодиодов означает, что отсутствует постоянная составляющая в измеряемом напряжении или токе и, следовательно, необходимо нажать на кнопку *S2*.

Длительность разрешающего импульса, формирующего линейно-возрастающее напряжение, составляет 0,01 с, по истечение этого времени открываются транзисторы *V25* и *V40*. Происходит разрядка конденсаторов *C12* и *C16*.

Сигналы с выходов компараторов через диоды *V3* и *V5* поступают на преобразователь уровня на транзисторах *V7* и *V8*. Преобразователь уровня необходим для согласования элементов аналогового преобразователя с логическими элементами серии К155 блока индикации.

Источником напряжения образцовой частоты является генератор на микросхеме *D1*. Генератор выполнен по схеме мультивибратора, в цепь обратной связи которого включен кварцевый резонатор *Z1*. Устойчивость генерации определяется величиной емкости конденсатора *C19*. Импульсы частотой 1 МГц с выхода генератора поступают на делители частоты *D3—D8* и на вход *14* счетчика *D10* через элемент *D2.1*. Разрешение на счет поступает с элемента *D9.1*. Общий коэффициент пересчета делителей частоты составляет 10^6. С выхода элемента *D6* снимаются импульсы 0,01 с, а с выхода элемента *D8* — 1 с. Двоично-десятичные четырехразрядные счетчики выполнены на элементах *D10—D13*. При переполнении счетчиков, т. е. при 10^4 импульсов, через триггер переполнения *D9.2* и элемент *D2.2* происходит индикация перегрузки — зажигается светодиод *V13*.

Установка нуля счетчиков производится секундными импульсами, поступающими с выхода *D8* через конденсатор *C20* на базу транзистора *V14*. Сигнал, снимаемый с коллектора *V14*, ставит в состояние логического нуля пересчетные декады и счетчики. Для управления цифровыми индикаторами *H1—H4* используют дешифраторы *D14—D17*. Коммутацию запятой на индикаторах *H1—H4* в зависимости от выбранного предела измерений производят переключателем *S1*.

Рассмотрим работу прибора с нулевого момента, когда произошел сброс счетчиков. Когда на входы компараторов *A3* и *A4* с входного усилителя *A1* поступило измеряемое напряжение, элемент *D2.1* разрешает счет, а с элемента *D9.1* поступает импульс на ключевые устройства *V21, V22* и *V37*, разрешающие зарядку конденсаторов *C12* и *C16*. Происходит линейное нарастание напряжения на конденсаторах и в тот момент, когда это напряжение сравняется с измеряемым, на выходах компараторов появятся напряжения противоположных знаков. Через преобразователь уровня *V7, V8* элемент *D2.1* запрещает счет, и на счетчиках формируется число импульсов, равное цифро-

вому значению измеряемой величины. Одновременно прекращается зарядка конденсаторов *C12* и *C16*, а триггер *V11*, *V12* индикатора полярности устанавливается в соответствующее состояние. Загорается один из светодиодов — *V9* или *V10*.

Сброс показаний произойдет через 1 с, когда триггер *D9.1* перейдет в состояние «измерение» и процесс повторится. Если измеряемое напряжение по величине больше, чем сформированное на конденсаторах, то через 0,01 с счетчик будет переполнен. Триггер *D9.2* включит индикатор перегрузки на светодиоде *V13*.

Нажатием на кнопку «С» переключателя входов *S3* прибор переводится в режим измерения емкости. При этом на вход усилителя *A1* с делителя *R21—R22* подается напряжение +0,1 В. Вместо конденсатора *C16* в генераторе линейно-возрастающего напряжения положительной полярности подключается измеряемая емкость. Вместо резисторов *R69* и *R70*, определяющих силу тока зарядки, подключается набор резисторов *R13—R19*. Это дает возможность расширить пределы измерений. Скорость нарастания заряда измеряемого конденсатора, т. е. крутизна линейно-возрастающего напряжения, обратно пропорциональна измеряемой емкости. Чем больше емкость, тем дольше длится счет импульсов до полного заряда конденсатора напряжением 1 В. Счет импульсов прекращается, когда напряжения на входах компараторов *A3* и *A4* будут равны.

При нажатии кнопки «f» переключателя *S3* аналоговый преобразователь полностью отключается, а входной разъем *X1* соединяется с усилителем *V31*, *V32*. Усилитель содержит полевой транзистор *V31*, включенный по схеме истокового повторителя, и имеет высокое входное сопротивление. Диоды *V33* и *V34* выполняют функцию защиты по входу. На транзисторах *V35* и *V36* выполнен триггер Шмитта, преобразующий переменное напряжение измеряемой частоты в импульсы. Генератор на 1 МГц *(D1)* отключается от элемента *D2.1* (вход *4*), а вместо него подключается триггер Шмитта, т. е. поступают импульсы измеряемой частоты. В зависимости от выбора диапазона измерений происходит подсчет числа импульсов за интервалы времени 0,001, 0,01, 0,1 с. Величина интервала времени задается на делителях частоты *D3—D8* переключателем *S1*.

Блок питания (рис. 2) мультиметра содержит три источника напряжения: жестко стабилизированный выпрямитель для питания операционных усилителей, обеспечивающий напряжение ±15 В, выпрямитель с простейшим

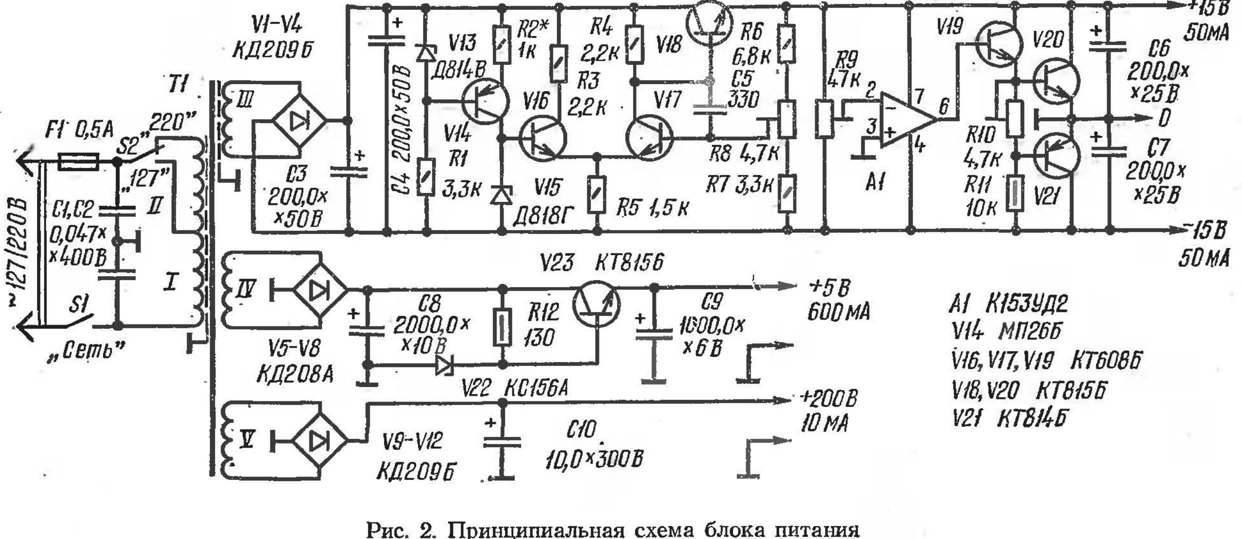


Рис. 2. Принципиальная схема блока питания

последовательным стабилизатором для питания цифровых микросхем напряжением +5 В и выпрямитель на +200 В для питания анодов индикаторных ламп. В источнике напряжения ±15 В транзистор *V14* служит для стабилизации тока через стабилитрон *V15*, сопротивление резистора *R2* должно быть таким, чтобы ток через стабилитрон был равен 10 мА. На транзисторах *V16* и *V17* собран дифференциальный каскад, сравнивающий опорное напряжение и напряжение в средней точке делителя *R6—R8*. Регулирующим является транзистор *V18*. На микросхеме *A1* и транзисторах *V19—V21* собран делитель напряжения, обеспечивающий получение двуполярного напряжения ±15 В.

Трансформатор питания *T1* следует тщательно экранировать. Экран лучше изготовить из мягкой стали толщиной не менее 1 мм. При намотке трансформатора необходимо сделать из медной фольги два экрана, один из них наложить поверх обмоток *I* и *II*, другой — после обмотки *III*.

В трансформаторе использован сердечник ШЛ16×32, обмотка *I* имеет 1270 витков провода ПЭВ-1 0,2, *II* — 930 витков ПЭВ-1 0,12; *III* — 300 витков ПЭВ-1 0,3; *IV* — 80 витков ПЭВ-1 0,8; *V* — 1450 витков ПЭВ-1 0,1.

От качества изготовления трансформатора во многом зависит точность показаний прибора.

Транзисторы *V18* и *V23* через слюдяные прокладки установлены на корпусе прибора.

Налаживание блока питания проводят без нагрузки в следующем порядке: подбирая резистор *R2*, добиваются тока через стабилитрон *V15*, равного 10 мА. Резистором *R8* устанавливают суммарное напряжение на выходе стабилизатора, равное 30 В. Коллекторный ток транзистора *V20* резистором *R10* подбирают равным 10—15 мА. Резистором *R9* добиваются одинакового значения разнополярных напряжений. Источники напряжения +5 В и +200 В особенностей в наладке не имеют.

Конструкция и детали. Мультиметр собран в металлическом корпусе. На передней панели находятся кнопочные переключатели *S1—S3*, выключатель сети, индикаторные лампы, светодиоды определения полярности и перегрузки и разъем *X1*. Общий провод источников питания с корпусом не соединяется. При работе прибор заземляется. Монтаж выполнен на семи печатных платах. В мультиметре в качестве переключателей *S1* и *S3* использованы кнопочные переключатели П2К с зависимой фиксацией и *S2* — с невзаимной фиксацией. Резисторы вход-

ных делителей и шунтов должны быть подобраны с погрешностью, не превышающей 0,5%. Резисторы *R11—R19*, *R73* и *R74* типов БЛП или ПТМН. Подстроечные резисторы СПО-0,4 и СП5-2. Все остальные резисторы МЛТ. Конденсаторы *C12* и *C16* — К73-3 или К76-1. Электролитические конденсаторы К53-1. Транзисторы *V26* и *V29*, *V43* и *V44* в генераторах линейно-возрастающих напряжений подбираются попарно и должны иметь возможно малые начальные токи. Вместо транзисторов КТ326 можно применить КТ3107, вместо КТ342 — КТ306, КТ3102.

Налаживание начинают с цифровой части устройства. Для этого вход *4* элемента *D2.1* отсоединяют от генератора *D1* (нажатием кнопки «f» на переключателе *S3*) и подают сюда сигнал частотой 100 кГц с выхода пересчетной декады *D3*. На индикаторе должно появиться показание «1000» и каждую секунду мигать. Если отжать кнопку «f», то на табло появляется «0000» и зажигается индикатор переполнения.

Затем приступают к налаживанию аналогового преобразователя. Вначале балансируют все операционные усилители с помощью нуль-индикатора. Ключи при этом замыкают накоротко. Первым балансируется детектор *A2*, затем усилитель *A1* и компараторы *A3* и *A4*. Подстроечным резистором *R23* устанавливают коэффициент усиления, равный 10, у входного усилителя, а резистором *R22* — напряжение 0,1 В. Перемычки с ключей убирают и на вход прибора в режиме измерения напряжения подают определенное значение напряжения от образцового источника. Меняя полярность источника, подстроечными резисторами *R51* и *R69* добиваются правильных и одинаковых показаний. На переключение полярности должны реагировать светодиоды *V9* и *V10*.

Для получения правильных показаний в режимах измерения сопротивления и емкости возможно потребуется подбор резисторов *R11—R15* и *R16—R19*. В режиме измерения переменных напряжений и токов действующие значения измеряемых величин устанавливаются резистором *R48*.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СВИП-ГЕНЕРАТОР НЧ

В. Калабугин

Техническая характеристика

Выходное напряжение, В	3,5
Диапазон рабочих частот, Гц	0,5...80 000
Диапазоны качания частоты	1; 10; 1:100 и 1:1000
Частота качания, Гц	0,5...150
Относительная погрешность изменения частоты, приведенная к логарифмической характеристике, %, не более	3
Неравномерность амплитуды выходного напряжения, %, в диапазонах:	
0,5 Гц...30 кГц	±1
30 кГц...80 кГц	±4
Коэффициент гармоник, %, в диапазонах:	
400 Гц...3кГц	0,55
0,5 Гц...40 кГц	4
40 кГц...80 кГц	7,5
Выходное сопротивление, Ом	85

Описываемый генератор вырабатывает сигнал прямоугольной, треугольной и синусоидальной форм и имеет два режима работы — постоянной генерации и режим качающейся частоты. В режиме качания частота сигнала обратно логарифмически изменяется в пределах 1 : 10, 1 : 100 или 1 : 1000 со скоростью повторения частотной развертки от 0,5 до 150 Гц. Диапазон качания можно плавно сдвигать вверх и вниз по шкале частот; один и тот же регулятор «Частота», служащий для плавной установки частоты в режиме непрерывных колебаний, в режиме качания определяет начальную частоту развертки. Благодаря этому начало и конец диапазона развертки используют как частотные метки, так как регулятор «Частота» градуирован. В начале развертки генератор вырабатывает также импульс для синхронизации осциллографа.

Структурная схема прибора изображена на рис. 1. В состав функционального свип-генератора входят следующие узлы (в скобках указаны их основные усилительные элементы по принципиальной схеме рис. 2):

базовый генератор *(A6, A7)*, вырабатывающий сигнал прямоугольной и треугольной форм в широком диапазоне частот;

формирователь синусоиды *(A4, A5)*, преобразующий треугольный сигнал базового генератора в синусоидальный;

выходной усилитель *(A8, V23, V25)*;

выходной аттенюатор *(R81—R96)*;

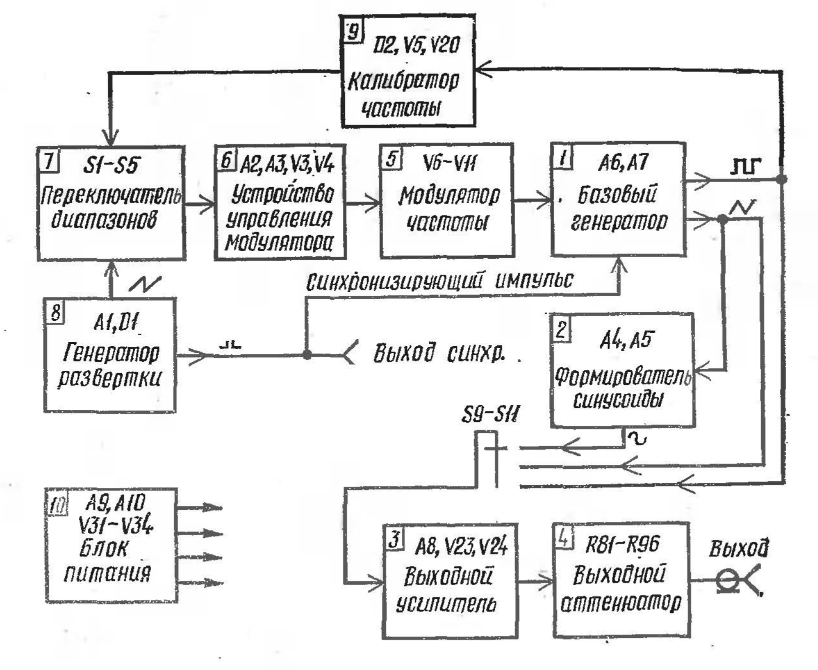


Рис. 1. Структурная схема генератора

модулятор частоты базового генератора *(V6—V11)*, осуществляющий логарифмическое изменение частоты сигнала при линейном изменении управляющего напряжения;

устройство управления модулятором *(A2, A3, V3, V4)*, которое формирует управляющее напряжение модулятора из суммы различных сигналов, поступающих через переключатель диапазонов;

переключатель диапазонов, в зависимости от режима работы коммутирующий сигналы ручной регулировки частоты, установки частотных диапазонов, частоты развертки (в режиме качания) и калибровки частоты генератора (при нажатии кнопки «Калибровка»);

генератор развертки *(A1, D1)*, осуществляющий качание частоты базового генератора (выходной сигнал генератора развертки используется также для взаимной синхронизации обоих генераторов);

автоматический калибратор частоты *(D2, V5, V20)*, включаемый нажатием кнопки «Калибровка»;

блок питания *(A9, A10, V31—V34)*.

Принципиальная схема прибора изображена на рис. 2.

Базовый генератор регулируемой частоты собран по известной схеме, интегратор — триггер Шмитта.

Интегратор выполнен на операционном усилителе *A6*. Вход интегратора шунтирован конденсатором *C15*, уменьшающим выброс переднего фронта импульса. Треугольный сигнал с выхода *A6* поступает на триггер Шмитта через цепь *R60C22*, которая корректирует амплитудную характеристику в области высших частот.

Триггер Шмитта собран на одном ОУ *A7*. Его выходной сигнал фиксируется по амплитуде стабилитронами *V21*, *V22*, подобранными по равенству напряжений стабилиза-

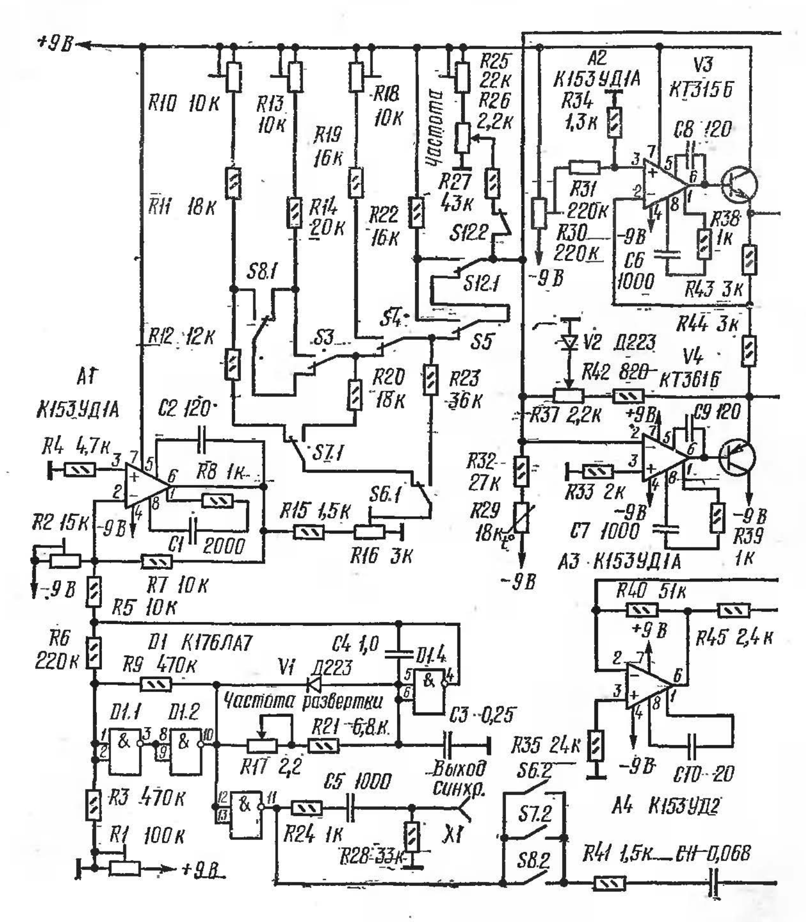


Рис. 2. Принципиальная схема генератора

ции. Благодаря низкому напрчжению фиксации (3,3 В) длительность фронта импульса уменьшена, и приемлемая форма прямоугольного импульса сохраняется до частот 70...80 кГц. Симметрирование операционного усилителя осуществляется подстроечным резистором *R61*.

Модулятор, управляющий частотой функционального генератора, собран на элементах *V6—V11*. В нем использована зависимость эквивалентного сопротивления *p-n* перехода от силы проходящего через него тока.

Модулятор частоты работает следующим образом. Прямоугольный сигнал базового генератора, сформированный

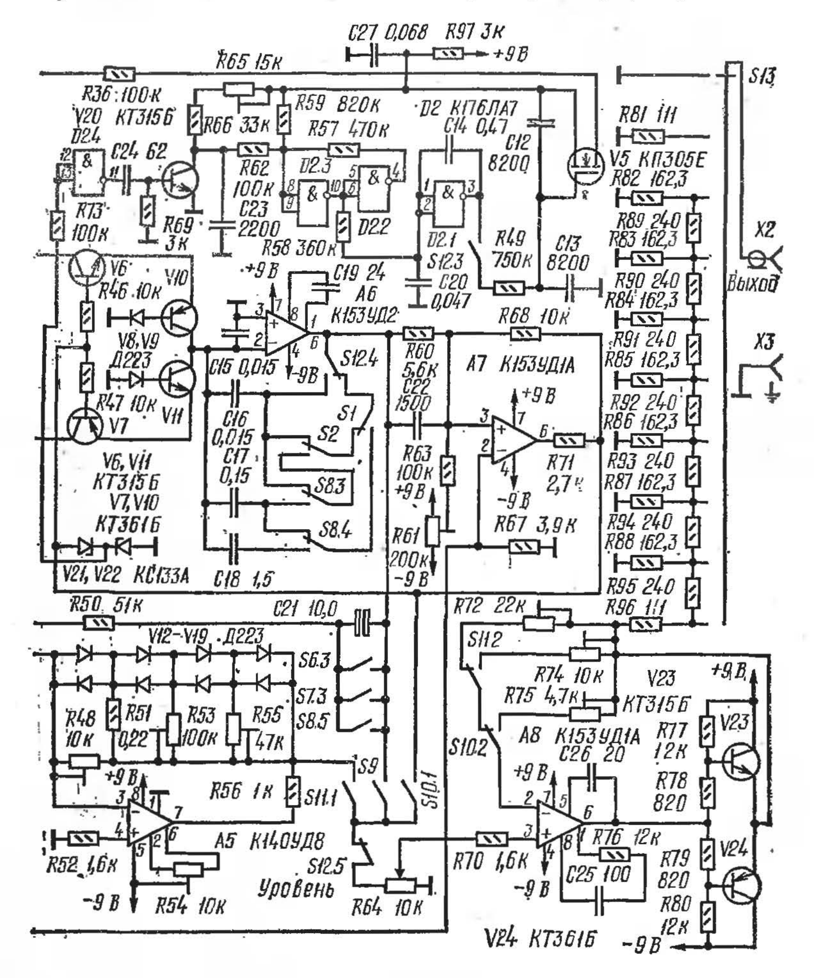


Рис. 2. Принципиальная схема генератора (*продолжение*)

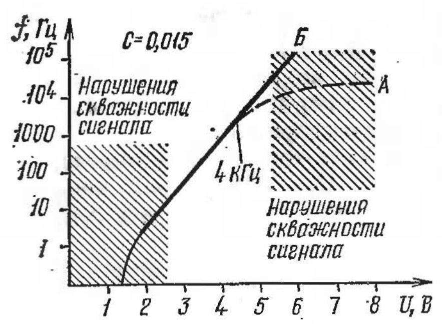


Рис. 3. Зависимость частоты базового генератора от напряжения на входе ОУ, *А3*:

кривая А — без коррекции; Б — при точной настройке потенциометром *R37*

триггером Шмитта, поступает на вход электронного ключа, один из транзисторов которого — *V6* или *V7* в зависимости от знака сигнала — открывается, что приводит к открыванию одного из транзисторов *V10* или *V11*, передающих импульс на вход интегратора на ОУ *А6*. Напряжения противоположных полярностей на коллекторах *V6* и *V7* должны быть строго равны по величине; если эти напряжения достаточно малы, то диод (*V8* или *V9*) в базовой цепи транзистора (*V10* или *V11*) будет практически закрыт, и сопротивление коллектор — эмиттер транзистора составит несколько мегом. При увеличении управляющего напряжения диод и базовый переход транзистора открываются и сопротивление коллектор — эмиттер транзистора уменьшается. Соответственно этому скорость перезарядки конденсатора интегратора (*C15*) увеличивается и частота колебаний возрастает. Характеристики диода и транзистора, накладываясь друг на друга, дают с хорошим операционным усилителем точную логарифмическую зависимость частоты от управляющего напряжения, которая начинает асимптотически сжиматься лишь при уменьшении сопротивления модулятора до величин, сопоставимых с сопротивлениями насыщения плеч выходного каскада ОУ. Одновременно со сжатием характеристики начинает проявляться влияние неравенства сопротивлений насыщения. Баланс интегратора нарушается и скважность сигнала начинает изменяться.

При исследовании работы модулятора было замечено, что отклонение характеристики от логарифмической нарастало в экспоненциальной зависимости от управляющего напряжения (кривая *А* на рис. 3). Возникло предположение, что характеристику можно скорректировать, если ввести в схему управления модулятором компенсирующую экспоненциальную нелинейность, использовав, например, начальный участок характеристики полупроводникового диода. Такое решение было найдено при разработке схемы управления и позволило получить изменение частоты

генератора в пределах 5 Гц — 50 кГц, причем с точностью ±3% (кривая *Б* на рис. 3).

Единственный недостаток этого модулятора — необходимость подбора диодов и транзисторов. Их следует подбирать, поочередно заменяя каждый из четырех элементов *V8*—*V11* и постепенно добиваясь минимального изменения скважности при изменении частоты. Несмотря на кажущуюся трудность, из 10—15 диодов и транзисторов можно довольно быстро подобрать подходящий «комплект».

Устройство управления модулятором работает следующим образом. Симметричные напряжения противоположных полярностей подаются на коллекторы транзисторов *V6* и *V7* от двух усилителей постоянного тока, выполненных на ОУ *А2, А3*. Уровень напряжения, заданный потенциометром *R26* «Частота» и усиленный ОУ *А3*, через транзистор *V4* поступает на «отрицательное» плечо модулятора. Напряжение на эмиттере *V4*, инвертированное усилителем на ОУ *А2* (с коэффициентом передачи, равным единице), подается на «положительное» плечо. Симметрию обоих напряжений устанавливают с помощью подстроечного резистора *R30*.

В цепь обратной связи ОУ *А3* введен диод *V2*, вносящий нелинейность в передаваемое управляющее напряжение и исправляющий искажения характеристики управления модулятора на высших частотах. Точное совмещение обеих нелинейностей, обеспечивающее логарифмическое изменение частоты при линейном изменении входного напряжения на ОУ *А3*, производится с помощью переменного резистора *R37*.

Следует заметить, что увеличение емкости конденсатора *C22* в цепи высокочастотной коррекции вызывает одновременно с линеаризацией АЧХ базового генератора в области 50...80 кГц дополнительное сжатие характеристики управления, однако коррекция с помощью резистора *R37* позволяет это устранить.

Для управления модулятором на суммирующий вход ОУ *А3* подается ряд точно калиброванных по величине напряжений, задающих начальные и конечные границы частотных диапазонов и ширину полосы частотной развертки.

Начальные (нижние) частоты устанавливают на диапазонах «×1 Гц», «×10 Гц», «×100 Гц» потенциометром *R13* (соответственно на 0,5; 5 и 50 Гц); на диапазоне «×1 кГц» — потенциометром *R18* (на 500 Гц) и на диапазоне «× 10 кГц» — заданным сопротивлением резистора *R22* (на 5 кГц).

К заданному начальному смещению добавляется напряжение, поступающее от регулятора частоты *R26*. Верхнюю границу шкалы регулятора устанавливают подстроечным резистором *R25*.

При включении одного из переключателей генератора развертки (*S6, S7* или *S8*) к установленному начальному напряжению смещения, регулируемому напряжению смещения, снимаемому с *R26*, и температурно-зависимому напряжению смещения, поступающему с резисторов *R29, R32* на вход ОУ *A3*, добавляется сигнал развертки, поступающий с выхода ОУ *A1*. Это пилообразный импульс, начинающийся от 0 В и линейно-нарастающий до величины, устанавливаемой потенциометром *R16*. При подаче через один из резисторов *R23, R20* или *R12* этот сигнал смещает частоту базового генератора соответственно в 10, 100 и 1000 раз. Коммутация переключателями *S3, S4, S5* допускает работу развертки только на тех частотных диапазонах, на которых максимальная частота с учетом развертки не превысит 80 кГц.

Задающий генератор развертки собран на одной микросхеме *D1*, дополненной диодом *V1*, и позволяет получить пилообразную форму колебаний. Частоту импульсов регулируют потенциометром *R17*.

С помощью резистора *R1* баланс триггера Шмитта, собранного на логических элементах *D1.1* и *D1.2*, смещается так, чтобы выброс на фронте пилообразного импульса оказался полностью срезан. Перед подачей на сумматор *(A3)* сигнал развертки проходит операционный усилитель *A1*, добавляющий к нему небольшое постоянное смещение, устанавливаемое потенциометром *R2*. Величину этого смещения выбирают так, чтобы отрицательный пик сигнала на выходе *A1* был точно совмещен с уровнем 0 В.

Во время обратного хода развертки напряжение на выходе элемента *D1.2* резко снижается до уровня логического нуля. Этот импульс длительностью 0,7 мс инвертируется элементом *D1.3* и поступает на гнездо *X1* для синхронизации осциллографа. В режиме «качания» этот импульс используют также для взаимной синхронизации обоих генераторов; поступая через цепь *S6.2* (*S7.2, S8.2*), *R41, C11* на вход *A7*, импульс гасит сигнал базового генератора во время обратного хода развертки и одновременно обеспечивает его запуск в начале прямого хода с одной и той же полярностью, предотвращая фазовое дрожание сигнала на экране осциллографа.

Формирователь синусоиды собран на элементах *A4, A5, V12—V19*. Он обеспечивает преобразование идеального

чистого треугольного сигнала постоянной амплитуды в синусоидальный с коэффициентом нелинейных искажений не более 0,3% в широкой полосе частот. Входное сопротивление формирователя невелико и равно сопротивлению резистора *R45*, которое нельзя увеличить без нарушения режима диодов *V12—V19*. Поэтому сигнал на вход ОУ *A5* подают через буферный усилитель на ОУ *A4*, имеющий большое входное сопротивление.

Для устранения искажений синусоиды, возникающих при нарушении симметрии треугольного сигнала на высших частотах (это выражается в том, что постоянная составляющая сигнала смещается в сторону от нуля), на вход *A4* сигнал поступает через биполярный электролитический конденсатор *C21*. Благодаря этому искажения не превышают 4% на частотах до 40 кГц, где они начинают расти из-за изменения скважности сигнала (правая заштрихованная область на рис. 3).

В режиме «качания» конденсатор *C21* замыкается контактами *S6.3, S7.3* или *S8.5*, так как иначе импульс синхронизации, поступающий перед началом развертки, будет заряжать конденсатор *C21*, нарушая передачу последующего сигнала.

Выходной усилитель, собранный на элементах *A8, V23* и *V24*, получает сигнал через переключатель функций *S9—S11* и регулятор выходного уровня *R64*. Для предотвращения искажений «ступенька» на базы транзисторов *V23* и *V24* подается смещение с делителя *R77—R80*.

Номинальный уровень выходного напряжения устанавливают подстроечными резисторами *R72, R74* и *R75* отдельно для каждой функции. Усилитель рассчитан на максимальную нагрузку при коротком замыкании на выходе аттенюатора.

Аттенюатор с ослаблением до —80 дБ (по 10 дБ на ступень) имеет выходное сопротивление 85 Ом и позволяет получать напряжения до десятков долей милливольт. Резисторы аттенюатора *(R81—R95)* рассчитаны таким образом, чтобы отклонение от их стандартных номиналов было минимальным, этим облегчается их точный подбор.

Температурная нестабильность характеристик *p-n* переходов в данном случае требует применения термостата или же введения температурной компенсации. Температурная компенсация осуществляется с помощью резистора *R29*. Плавание частоты, однако, происходит и при постоянной температуре окружающей среды; это зависит от того, какие токи проходят при регулировке частоты через транзисторы модулятора *V10* и *V11*, поэтому переходы их

нагреваются в различной степени. Нагрев вызывает соответствующий уход частоты. Таким образом, выбранная термокомпенсация не обеспечивает достаточной стабильности. Поэтому в добавление к ней в генераторе применен автоматический калибратор частоты, включаемый нажатием кнопки «Калибровка». При работе с прибором следует время от времени проверять истинное значение частоты.

Калибровка осуществляется на частоте 5 кГц. Калибратор состоит из системы АПЧ (на *D2* и *V20*), включаемой при нажатии кнопки *S12*, и аналогового запоминающего устройства на транзисторе *V5*, запоминающего напряжение, пропорциональное частоте, после опускания кнопки. Входным сигналом АПЧ служат импульсы прямоугольной формы, вырабатываемые базовым генератором; а на выходе АПЧ получают смещение, подаваемое на вход модулятора для управления частотой базового генератора.

При нажатии кнопки *S12* цепи ручной регулировки частоты, переключения диапазонов и частотной развертки отключаются от суммирующего входа *A3* (контакты *S12.1*, *S12.2*) и генератор устанавливается в начало высшего частотного диапазона «× 10» *(S12.4)*, где частота должна составлять 5 кГц. Одновременно прекращается подача выходного сигнала (размыкаются контакты *S12.5*).

Поступающий на вход АПЧ прямоугольный сигнал от базового генератора, снятый со стабилитронов *V21* и *V22*, проходит через буферный каскад с высоким входным сопротивлением *(D2.4)* и дифференцируется цепью *R69C24* — в результате как фронт, так и спад его преобразуются в пару коротких всплесков напряжения противоположных полярностей. Транзистор *V20* при каждом положительном всплеске открывается, разряжая конденсатор *C23*. В промежутке между этими всплесками происходит медленный заряд *C23* через резисторы *R65* и *R66*.

Полученные таким образом пилообразные импульсы поступают с коллектора *V20* на триггер Шмитта (*D2.2* и *D2.3*) и преобразуются им в последовательность прямоугольных импульсов, скважность которых пропорциональна отношению длительности пилообразных выбросов на коллекторе *V20* (это постоянная величина, регулируемая подстроечным резистором *R65*) к длительности пауз между ними. Тем самым скважность прямоугольных импульсов на выходе *D2.3* оказывается обратно пропорциональной

частоте сигнала. При номиналах, указанных на схеме, она изменяется от 10 до 1 при изменении частоты от 1,5 до 15 кГц — этот частотный диапазон составляет полосу «захвата» системы АПЧ.

Интегратор *D2.1* измеряет скважность этих прямоугольных импульсов: он выделяет (и дополнительно усиливает) их постоянную составляющую, которая при нажатии кнопки *S12* (контакты *S12.3*) передается через резистор *R49* на вход аналогового запоминающего устройства на транзисторе *V5*. Потенциал, устанавливающийся при этом на истоке *V5*, поступает через *R36* на суммирующий вход ОУ схемы управления модулятором *A3*, осуществляя тем самым регулировку частоты.

Вносимое системой АПЧ изменение частоты приводит ее в состояние баланса, условия которого (постоянная времени разряда *C23* и выбор рабочей точки триггера Шмитта с помощью *R59*) заданы таким образом, что стабилизируемая частота составляет 5 кГц.

Калибровка частоты при нажатии кнопки *S12* происходит в течение менее 1 с с точностью ±0,3 ... 0,5%. После отпускания кнопки *S12* потенциал заряда конденсаторов *C12* и *C13*, имеющих малый ток утечки, хранится с высокой точностью в течение часа. Любые происходящие за это время колебания частоты генератора более чем на ±3% объясняются не утечкой напряжения, хранящегося в ЗУ, а изменением температурного режима генератора (и прежде всего транзисторов *V10* и *V11*).

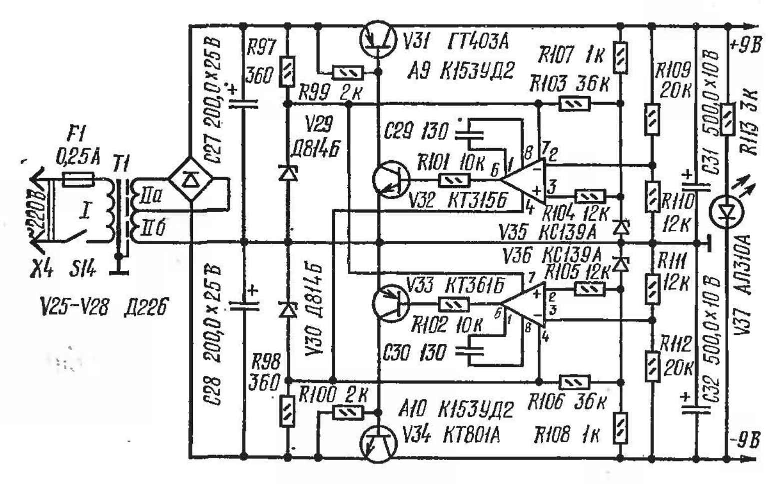


Рис. 4. Принципиальная схема блока питания

Блок питания прибора (рис. 4) обеспечивает стабильные напряжения +9 В и —9 В с коэффициентом пульсаций менее 1 мВ при колебаниях напряжения сети ±10%. Напряжения питания операционных усилителей *A9* и *A10* подаются со стабилитронов *V29* и *V30*. Опорные напряжения стабилизатора заданы диодами *V35* и *V36*. Через резисторы *R103*, *R106* на стабилитроны *V35* и *V36* поступает небольшой ток (от *V29* и *V30*), который в момент подачи питающего напряжения открывает их, тем самым вводя стабилизатор в рабочий режим. В дальнейшем, после установления номинальных величин выходных напряжений, основное питание на *V35* и *V36* поступает с выходов стабилизатора через резисторы *R107* и *R108*. Режимы работы регулирующих транзисторов *V31* и *V34* применения радиаторов не требуют.

Конструкция и выбор деталей. Генератор собран в корпусе размером 170 × 140 × 80 мм. Блок питания выполнен на отдельной плате; на второй плате собран собственно прибор, кроме переключателей и переменных резисторов, вынесенных на переднюю панель.

При разработке печатной платы следует добиваться, чтобы самый уязвимый для любых наводок базовый генератор был бы по возможности удален от той части прибора, где расположен блок питания. Кроме того, блок питания вместе с сетевым трансформатором должен быть экранирован алюминиевой перегородкой.

Резистор температурной компенсации *R29* по окончании подбора транзисторов и диодов модулятора крепят к корпусу одного из транзисторов *V10*, *V11* или к обоим одновременно. Для улучшения передачи тепла контактирующие поверхности транзистора и резистора *R29* предпочтительно покрыть специальным теплопроводящим компаундом.

Соединение деталей монтажа с корпусом прибора производится в одной точке — рядом с выходом блока питания. Резисторы аттенюатора смонтированы непосредственно на контактах переключателя *S13*. Выходное гнездо *X2* изолировано от корпуса и соединяется с выходом аттенюатора также экранированным проводом.

Все примененные в приборе операционные усилители, в том числе *A5*, могут быть использованы из серий 153 (в металлическом корпусе) и 553 (в пластмассовом корпусе). При этом можно использовать как тип УД2, так и УД1А. Интегральные схемы *D1* и *D2* — К176ЛА7 или же К176ЛЕ5 — при замене никаких изменений в схеме не требуется.

В качестве *V3, V4, V6, V7, V23* и *V24* могут быть использованы любые комплементарные кремниевые ВЧ транзисторы малой мощности с большим коэффициентом передачи по току; в модуляторе же *(V8—V11)* хорошие результаты были получены только с транзисторами КТ315 и КТ361 и диодами Д223. Диоды *V12—V19* — любые импульсные кремниевые (обязательно одного типа) с резким изгибом характеристики при тех же силах тока, что и у Д223. Диод *V1* — любой кремниевый.

Стабилитроны *V21, V22* перед монтажом должны быть заранее подобраны на равенство напряжений стабилизации; то же относится к *V35* и *V36*.

В качестве подстроечных резисторов *R2, R10, R13, R16, R18, R25, R48* и *R65* (служащих для настройки режимов, точность которых определяет основные параметры прибора) желательно применить многооборотные потенциометры — это повышает стабильность и позволяет осуществить более точную настройку.

Конденсаторы *C16, C17, C18, C23* и *C24* должны быть исключительно стабильными в отношении температуры — здесь целесообразно применить слюдяные и стеклянные конденсаторы (КСО с индексом «Г», К31-11, К22У), а при больших емкостях — МБМ (несколько хуже полиэтилентерефталатные, например, К73-9, К73-11); керамические же оказываются непригодными, за исключением наиболее стабильных групп по ТКЕ (М47, П33 и МПО).

Требования к конденсаторам *C12* и *C13*, обеспечивающим долговременное хранение информации в ЗУ,— минимальные ток утечки и гистерезис. Здесь пригодны лишь слюдяные, полистирольные и полипропиленовые конденсаторы (К31-11, ПМ, КСО); керамика, полиэтилен, милар и бумага исключаются совершенно.

Можно облегчить монтаж прибора и устранить громоздкие переключатели *S8* и *S12* (они имеют по пять контактных групп), если ввести коммутацию цепей через реле. Контактные группы *S12.1—S12.4* можно заменить малогабаритными реле РЭС49, получающими через кнопку *S12* питание 18 В (от выходов стабилизатора, что исключит наводку фона переменного тока). Контактные группы *S6.2, S7.2* и *S8.2* могут быть заменены более экономичным оптроном.

Трансформатор *T1* выполнен на сердечнике из пластин Ш9 и имеет сечение 2 см². Обмотка *I* содержит 5170 витков провода ПЭВ-2 0,08, обмотка *II* имеет 2×280 витков провода ПЭВ-2 0,23.

Перед настройкой все подстроечные резисторы должны быть установлены в среднее положение (кроме *R37*, устанавливаемого в крайнее левое по схеме положение).

Блок питания налаживают без нагрузки. Выходные напряжения его устанавливаются точным подбором резисторов *R108—R111*.

После включения питания, если все детали исправны, на выходе генератора должны появиться колебания. Следует проверить все три функции и регуляторами (*R72, R74* и *R75*) установить необходимые выходные уровни.

Скважность выходного сигнала устанавливают на частоте 1 кГц, равной 2, с помощью резистора *R30*. Уровни обоих полупериодов уравнивают с помощью балансировки *A7* резистором *R61*.

Модулятор настраивают на диапазоне «× 100 Гц» при отключенном резисторе *R13* и замкнутом накоротко резисторе *R25*. Одновременно измеряют управляющее напряжение на среднем выводе *R26* и частоту выходного сигнала, а скважность сигнала проверяют по осциллографу (треугольный сигнал будет наклоняться то вправо, то влево при изменении частоты; другие искажения при этом во внимание не принимаются). Регулировка *R26* должна вызывать перекрытие четырех частотных декад — 5 Гц ... 80 кГц. При необходимости, если частота 80 кГц остается недостижимой, можно несколько уменьшить емкость конденсатора *C16*.

При подборе диодов и транзисторов модулятора резистор *R37* должен находиться в крайнем левом (по схеме) положении.

Транзисторы *V10, V11* и диоды *V8, V9* подбираются по двум критериям одновременно.

Во-первых, скважность сигнала совершенно не должна меняться с частотой и, во-вторых, зависимость частоты от напряжения должна быть идеально логарифмической по крайней мере до частот 4—10 кГц. На более высоких частотах допускается компрессия характеристики (допустимо уменьшение угла ее наклона на частоте 80 кГц в два-три раза), поскольку в этой области характеристика подается без относительной коррекции. Особое внимание следует обратить на низкочастотный участок (5 Гц ... 50 Гц), так как здесь искажения обусловлены несимметричностью статистических характеристик плеч модулятора и не поддаются никакой иной коррекции, кроме подбора транзисторов и диодов. Их подбор осуществляют следующим образом.

Заменяют один из четырех элементов *V8—V11*, выбирая один, лучше всего удовлетворяющий обоим перечис-

ленным критериям *. (После каждой замены скважность сигнала вновь корректируется на частоте 1 кГц с помощью резистора *R30*.)

Далее параметры постепенно улучшают такой же поочередной заменой каждого из остальных трех элементов, подбор повторяют несколько раз. После выбора наилучшей комбинации всех четырех элементов берется другой комплект и с ним вновь повторяют подбор.

Настройка считается законченной при достижении точной логарифмической характеристики ±3% при стабильной скважности сигнала.

Формирователь синусоиды настраивают на минимум нелинейных искажений на частоте 1 кГц поочередной настройкой резисторов *R48, R53* и *R55*. Баланс формирователя регулируется с помощью *R54*.

Номинальные выходные уровни всех трех функций устанавливают резисторами *R72, R74* и *R75*.

Настройку АЧХ генератора на частотах до 80 кГц производят увеличением емкости конденсатора *C22*. Если при этом возникают чрезмерные искажения сигнала или компрессия характеристики управления на высоких частотах, то необходимо сдвинуть всю характеристику в область более низких управляемых напряжений, уменьшая емкость конденсатора *C16* до тех пор, пока на низших частотах не начнет проявляться нарушение скважности.

Коррекцию формы сигнала в области высших частот производят уменьшением емкости конденсатора *C19* до тех пор, пока выходной треугольный сигнал не станет искажаться возникающими паразитными высокочастотными колебаниями.

Характеристика линеаризуется в области высших частот изменением сопротивления резистора *R37*.

Настройка калибратора на частоту 5 кГц осуществляется при нажатой кнопке *S12* с помощью резистора *R65* (более грубую регулировку производят подбором конденсатора *C23*). Полосу захвата АПЧ можно смещать по частоте изменением сопротивления резистора *R22*. Если в системе АПЧ возникают незатухающие колебания, их устраняют путем изменения емкости конденсатора *C20*.

Совмещение низкочастотных границ диапазонов «× 100 Гц» и «× 1 кГц» с диапазоном «× 10 кГц» произ-

---

* Следует иметь в виду, что после сильного нагрева транзисторов и диодов их характеристики необратимо изменяются. Поэтому при подборе *V8 — V11* желательно использовать контактные панели, а окончательную пайку их следует производить с обязательными мерами предосторожности, не допуская чрезмерного нагревания.

водится с помощью резисторов *R13* и *R18*, а диапазонов «× 10 Гц» и «× 1 Гц» — точным подбором емкостей конденсаторов *C17* и *C18*.

Верхний предел ручного регулирования частоты устанавливают резистором *R25* на диапазоне «× 100 Гц». Точное совмещение высокочастотных границ диапазонов «× 1 кГц» и «× 10 кГц» с границей диапазона «× 100 Гц» производят резистором *R37*.

Настройку формы выходного импульса генератора развертки производят следующим образом.

Вход осциллографа подключают к выходу *A1*. Проверяют форму пилообразного импульса развертки. Выброс на его вершине срезают с помощью резистора *R1*.

Затем осциллограф включают на максимальную частоту и максимальную чувствительность. С помощью резистора *R2* смещение сигнала устанавливают таким, чтобы спад импульса заканчивался точно на уровне 0 В.

Установку верхнего предела частотной развертки «$1:10^2$» нроизводят на диапазоне «× 100 Гц» при замкнутом накоротке резисторе *R25*. Осциллограф подключают к эмиттеру транзистора *V4* и при выключенных клавишах развертки частоту выходного сигнала устанавливают резистором *R26* равной 5 кГц. При максимальной чувствительности осциллографа напряжение отрицательного смещения на эмиттере транзистора *V4* все еще будет наблюдаться на экране. Следует запомнить это положение луча. Затем резистором *R26* устанавливают минимальную частоту диапазона и включают полосу развертки «$1:10^2$». На эмиттер транзистора *V4* вместо постоянного смещения начинает поступать пилообразное напряжение отрицательной полярности от генератора развертки. С помощью резистора *R16* пик этого напряжения устанавливают точно на ту же высоту, где находился луч при измерении постоянного смещения.

Верхний предел частотной развертки «1 : 10» настраивают таким же образом, но не замыкая накоротко резистор *R25*. Вначале частоту генератора устанавливают равной 500 Гц, положение луча запоминают, а затем (при включенной полосе «1 : 10» и резисторе *R26* в положении минимальной частоты) пик импульса развертки доводят до этого же уровня подбором резистора *R23*.

Установку пределов частотной развертки «$1:10^3$» производят на диапазоне «×10 Гц» при включенной клавише *S8*, подсоединенном резисторе *R12* и замкнутом накоротко резисторе *R25*.

Резистор *R26* устанавливают в положение минимальной частоты и с помощью резистора *R10* частоту генератора устанавливают равной 5 Гц.

Затем резистором *R26* выставляют частоту 5 кГц, запоминают положение луча осциллографа и, переведя *R26* вновь в положение минимальной частоты, подключают резистор *R12* и при необходимости подбирают его сопротивление так, чтобы отрицательный пик импульса развертки совместился с предварительно измеренным уровнем постоянного смещения. Перемычку, шунтировавшую *R25*, снимают, и на этом настройку заканчивают.

ЭЛЕКТРОНИКА В БЫТУ

СИГНАЛИЗАТОР ШУМА

Н. Дробница

Сигнализатор предназначен для подачи прерывистых звуковых и световых сигналов, когда уровень шума в помещении превышает установленное значение. Устройство не срабатывает от звуковых сигналов речи или других одиночных звуковых сигналов, непрерывная длительность которых меньше или равна 5 с. Сигнализатор питается от гальванической батареи напряжением 9 В и потребляет ток в ждущем режиме около 25 мА.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1 Он состоит из усилителя НЧ на транзисторах *V1, V4, V6*, селектора длительности на транзисторах *V9—V11*, электронного ключа на транзисторе *V12*, мультивибратора на транзисторах *V5, V8*, элемента совпадения *D1.1*, инвертора *D1.2*, генератора звуковой частоты на элементах *D1.3, D1.4*, усилителя звукового сигнала на транзисторе *V13*, усилителя светового сигнала на транзисторе *V14* и параметрического стабилизатора напряжения на транзисторе *V3*.

Чувствительность сигнализатора устанавливают подстроечным резистором *R1*. Если амплитуда входного сигнала усилителя ниже установленного уровня, транзисторы *V6, V10* и *V12* открыты, *V9* и *V11* закрыты. На вход *10* элемента *D1.3* поступает логический 0, генератор не самовозбуждается, транзисторы *V13* и *V14* закрыты, звуковой и световой сигналы не подаются. При непрерывном входном сигнале, амплитуда которого превышает установленный уровень, открывается транзистор *V9* и закрывается

V10. Ток источника питания через резистор *R17* заряжает конденсатор *C9*. Через 5 с напряжение на этом конденсаторе достигает величины, при которой транзистор *V11* открывается, *V12* закрывается. Мультивибратор переключается с частотой около 2 Гц. Как только он переключится в состояние, когда транзистор *V8* закрыт, на вход *10* элемента *D1.3* поступит логическая 1, генератор самовозбудится, динамическая головка *B2* подаст звуковой сигнал, лампы *H1* и *H2* засветятся. При переключении мультивибратора в другое состояние, когда транзистор *V8* открыт, колебания генератсра срываются, звуковой сигнал прекращается и лампы гаснут. Если входной сигнал, поступающий на вход усилителя НЧ, будет прерывистым и длительность пауз превысит 0,1 с, а интервал времени между ними не более 5 с, конденсатор не сможет зарядиться до напряжения, при котором открывается транзистор *V11*, и сигнализатор не срабатывает.

В сигнализаторе можно использовать транзисторы *V3, V13, V14* из серий КТ801, КТ608, остальные транзисторы — из серий КТ315, КТ312, КТ306. Коэффициент передачи тока используемых транзисторов должен быть 50—60. Диод *V7* кремниевый, слаботочный, любого типа. Микросхема типа К155ЛА3 или К131ЛА3. В качестве микрофона *B1* можно использовать высокоомную телефонную головку, например ТОН-2. Конденсатор *C9* с малым током утечки, например К52-1, К53-1, остальные конденсаторы могут быть любого типа. Динамическая головка *B2* мощ-

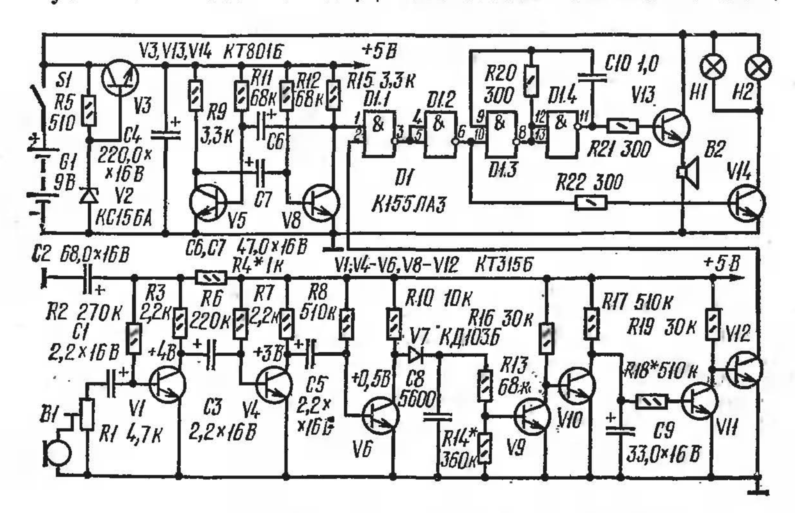


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

ностью 0,5 Вт, например 0,5 ГД-14. Лампы *H1, H2* на номинальное напряжение 12 В, потребляемый ток не более 100 мА. Гальваническая батарея напряжением 9 В (две последовательно соединенных батареи 3336Л).

Детали устройства монтируют на печатной плате, которую помещают в корпус, например от комнатного радиотрансляционного громкоговорителя. Для исключения самовозбуждения детали усилителя НЧ необходимо разместить на расстоянии 30—50 мм от остальных деталей устройства и экранировать их пластиной из луженой жести, соединив ее с общим проводом сигнализатора.

Налаживание устройства начинают с мультивибратора и генератора звуковой частоты. При отключении коллектора транзистора *V12* в динамической головке должен периодически появляться звуковой сигнал длительностью 0,5 с с такой же паузой между следующим сигналом. Синхронно звуковому сигналу должны загораться лампы *H1, H2*. Если этого нет, следует искать ошибку в монтаже или неисправную деталь. Затем припаивают коллектор транзистора *V12* и налаживают усилитель НЧ. Указанный на схеме режим по постоянному току транзисторов *V1, V4, V6* при необходимости устанавливают подбором соответствующих резисторов *R2, R6, R8*. Если усилитель возбуждается, необходимо установить резистор *R4* с бо́льшим сопротивлением. Резистором *R18* подбирают задержку времени на срабатывание устройства при поступлении входного сигнала на усилитель НЧ. Эту задержку можно изменить также емкостью конденсатора *C9*. После этого усилителем создают различный уровень шума в помещении, измеряют его шумомером и делают отметки на шкале подстроечного резистора *R1* в таком положении его ручки, когда сигнализатор срабатывает.

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ

Ю. Гумеров

Существующие реле времени для фотопечати имеют ряд недостатков. Аналоговый метод формирования длительности выдержек, где каждой выдержке соответствует отдельный времязадающий резистор, требует тщательного подбора этого резистора, особенно при небольших выдержках. Бо́льшая часть известных реле времени имеет арифметический ряд выдержек, например 1, 2, 3, 4..., что совершенно однозначно определяет их непригодность к фотопечати, потому что для печати черно-белых снимков

необходим геометрический ряд выдержек, кратный 2, а для цветной печати нужен ряд, кратный, как минимум, $\sqrt[4]{2}$. Стабильность длительных выдержек при использовании широко распространенных деталей, например электролитических конденсаторов или резисторов с большим сопротивлением, недостаточно высока.

Учитывая изложенное, была разработана конструкция, лишенная приведенных недостатков, поскольку формирование выдержек осуществляется цифровым методом, имеющим несомненные преимущества в налаживании (всего один регулировочный элемент) и повторяемости, при относительной простоте схемы.

Для удобства пользования в реле дополнительно введены узлы измерения текущего времени выдержки и звуковой индикации ее окончания (для режима таймера) и подсветка шкалы значений выдержек.

Принцип работы реле основан на делении частоты задающего генератора цепочкой делителей. Для получения ряда выдержек с кратностью меньшей 2 предусмотрены два делителя с переменными коэффициентами деления, один из которых обеспечивает кратность $\sqrt{2}$, а второй — $\sqrt[4]{2}$.

Общее количество выдержек равно 60 в диапазоне от 0,11 с до 5 мин, причем три последних значения основного ряда используются только в режиме таймера.

Задающий генератор (рис. 1) выполнен на элементах *D1.1, D1.2*. Частота генератора определяется элементами *C1, C2, R3, R4, V1*. Такое включение частото-задающих цепей позволило достичь высокой стабильности частоты генератора, изменения которой за год эксплуатации не превысили 0,5%. Резистор *R4* служит для установки начального значения частоты. В данном генераторе оно выбрано равным 7,1 кГц. Элементы микросхемы *D3* работают в цепи сброса счетчиков *D2* и *D4*. Запуск реле времени осуществляется кнопкой *S2* через *RS*-триггер на элементах *D1.3, D1.4*, служащий для устранения «дребезга» контактов.

Посредством переключателя *S1* образуется основной ряд выдержек — 1,1; 1,5; 2,2; 3; 4,5; 6; 9; 12; 18; 24 с (значения округлены относительно истинных величин). Обеспечивается это переключением соответствующих выходов двоичных счетчиков *D9, D10*, а также изменением коэффициента деления (на 10 или на 14) счетчика *D2* с помощью контактов геркопового реле *K1*, срабатывающего в каждом четном положении переключателя. Переклю-

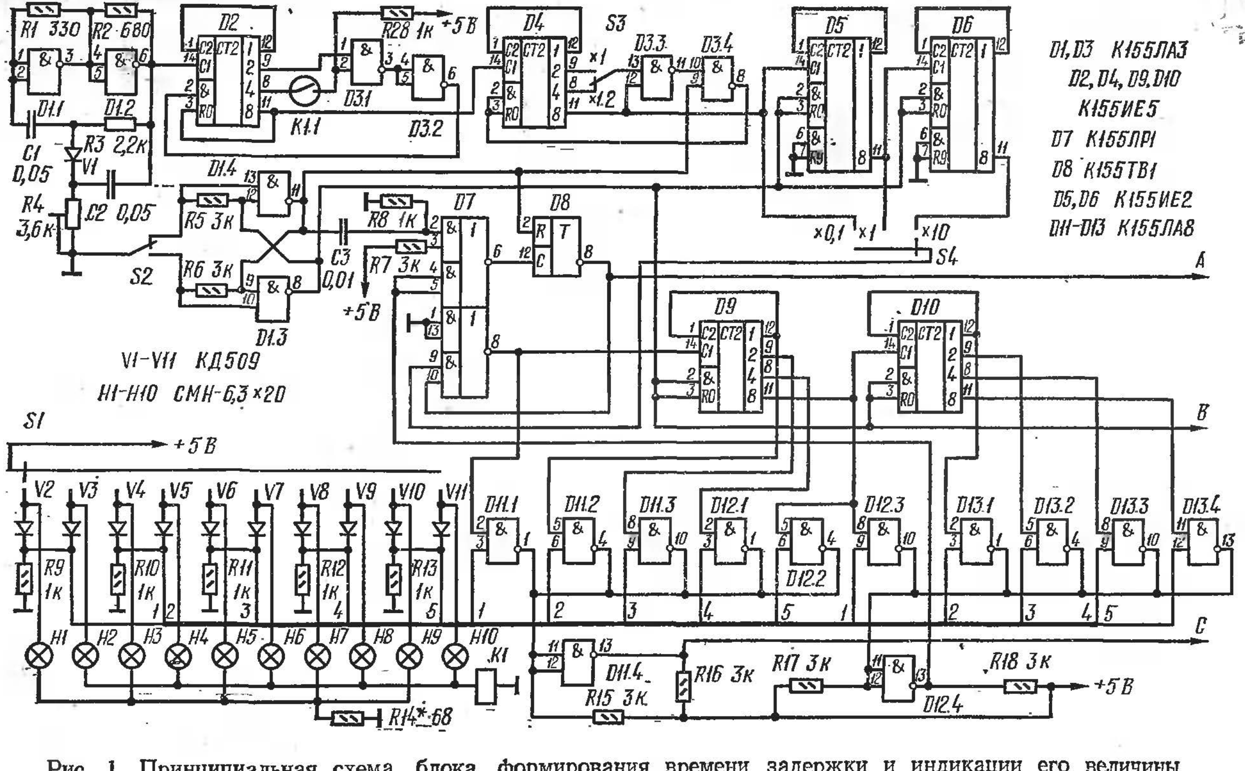


Рис. 1. Принципиальная схема блока формирования времени задержки и индикации его величины

чателем *S3* изменяют коэффициент деления делителя *D4* (на 10 или на 12), что позволяет ввести в основной ряд выдержек множитель 1,2 и получить, таким образом, полный ряд, кратный $\sqrt[4]{2}$. Переключателем *S4* выбирают один из трех поддиапазонов выдержек × 0,1; × 1; × 10 путем коммутации десятичных счетчиков *D5* и *D6*. Когда *S4* включен в положение «× 10», можно получить выдержки 2, 3, 4 мин, а с учетом множителя × 1,2 — до 5 мин.

Для того чтобы в качестве *S1* можно было использовать переключатель с одним направлением, применена несколько усложненная схема коммутации, состоящая из диодно-резисторных цепочек *V2—V11* и *R9—R13*, управляющих ключами на элементах микросхем *D11—D13*. Ключи служат для коммутации соответствующих выходов двоичных делителей *D9, D10*. Лампы подсветки *H1—H10* объединены в две группы, к одной из них подключена обмотка герконового реле *K1*, а к другой — резистор *R14*. Таким образом, в первом положении *S1* горит лампа *H1* и напряжение +5 В через диод *V2* поступает на резистор *R9*. С резистора высокий потенциал идет на *D11.1* (вывод *3*) и *D12.3* (вывод *9*) и разрешает прохождение через них импульса со счетчика *D9*. Остальные ключи закрыты за счет поступления на их входы низких потенциалов с резисторов *R10—R13*. Обмотка *K1* обесточена, контакты *K1.1* разомкнуты, следовательно, коэффициент пересчета *D2* равен 10. Во втором положении *S1* горит уже лампа *H2*, но на *R9* продолжает оставаться высокий потенциал за счет поступления напряжения +5 В через диод *V4*. Реле *K1* срабатывает, его контакты замыкаются и коэффициент пересчета *D2* становится равным 14. В третьем положении *S1* горит лампа *H3*, высокий потенциал устанавливается на *R10*, открываются элементы *D11.2* и *D13.1*, а *D11.1* и *D12.3* закрываются, реле отпускает и т. д.

Рассмотрим работу реле времени при формировании выдержек. Положения переключателей следующие: *S1* — первое, *S3* — «× 1», *S4* — «× 1».

При нажатии кнопки *S2* происходит сброс триггера *D8* и всех счетчиков, за исключением *D2*. При отпускании импульсы с задающего генератора через делители *D2, D4, D5* с коэффициентом пересчета 10 × 10 × 10 = 1000 поступают на переключатель *S4*, а затем на вывод *9* первого ключа на *D7*. Кроме того, положительный перепад с *RS*-триггера, продифференцированный цепочкой *C3R8*, через второй ключ на *D7*, поскольку на выводах *4, 5* этой микросхемы низкий потенциал, устанавливает по счетному входу в единичное состояние триггер *D8*, разрешающий

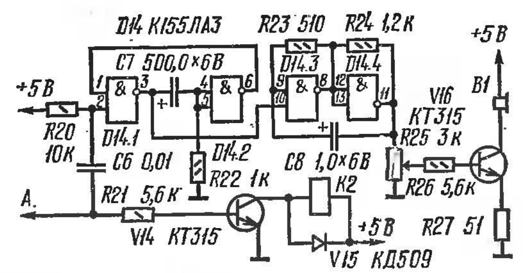


Рис. 2. Принципиальная схема узла звуковой индикации и реле включения тиристора *V13*

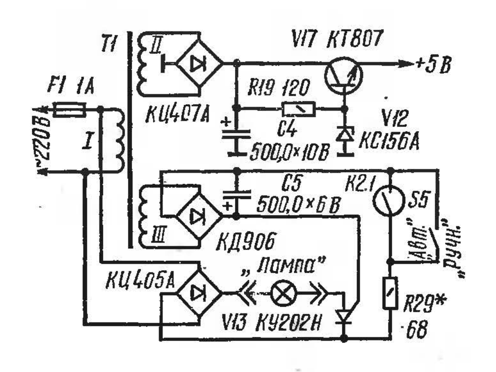


Рис. 3. Принципиальная схема блока питания и узла включения лампы увеличителя

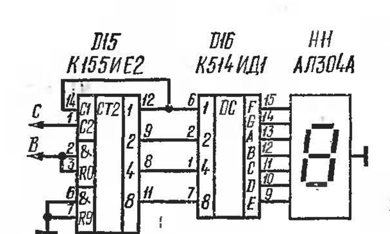


Рис. 4. Принципиальная схема блока измерения относительного времени выдержки

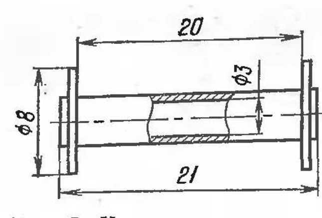


Рис. 5. Каркас герконового реле

прохождение импульсов через первый ключ *D7* на вход счетчика *D9*, считающий до тех пор, пока на его выходе (вывод *11*) не появится положительный потенциал, который через открытый ключ *D12.3*, инвертор *D12.4* и второй ключ *D7* поступает на счетный вход *D8* и переводит его в нулевое состояние, что запрещает прохождение импульсов на вход *D9* через *D7*. Длительность выдержки определяется временем единичного состояния триггера *D8*. С триггера сигнал поступает на вход усилителя на транзисторе *V14* (рис. 2), нагрузкой его служит герконовое реле *K2*, которое, сработав, включает своими контактами (рис. 3) в цепь управляющего электрода тиристора *V13* источник постоянного напряжения. Тиристор открывается и включает лампу увеличителя. Для ручного включения предусмотрен тумблер *S5*. В конце выдержки отрицательный перепад с триггера *D8* (см. рис. 1) через дифференцирующую цепочку *S6R20* (см. рис. 2) запускает узел звуковой индикации окончания выдержки, состоящий из одновибратора на *D14.1* и *D14.2*, задающего время звучания сигнала (около 1 с), мультивибратора на *D14.3, D14.4*, определяющего высоту тона (около 500 Гц) и усилителя на транзисторе *V6* с телефоном или динамической головкой в качестве нагрузки. Предусмотрена регулировка громкости резистором *R25*.

Узел измерения времени выдержки состоит из десятичного счетчика *D15* (рис. 4), дешифратора *D16* и светодиодной матрицы АЛ304А. Импульсы на вход узла поступают через один из открытых ключей *D11.1—D11.3, D12.1, D12.2* и инвентор *D11.4*, причем период этих импульсов меньше длительности выдержки в восемь раз, следовательно, за время выдержки счетчик считает до восьми.

Конструкция и детали. В реле времени можно использовать постоянные резисторы МЛТ-0,125 или ВС-0,125, конденсаторы *C1* и *C2* — МБМ, К73П-3, остальные любого типа, подходящие по габаритам, подстроечный резистор *R4* типа СП5-3 или СП5-16ТА, регулятор громкости СП3-4аМ или СП3-9а. Мостовые выпрямители можно заменить диодами, рассчитанными на такой же прямой ток. Транзистор КТ807 можно заменить на КТ801, тиристор КУ202Н — на КУ202Л, КУ201К, КУ201Л. При отсутствии микросхем К514ИД1 дешифратор можно собрать на

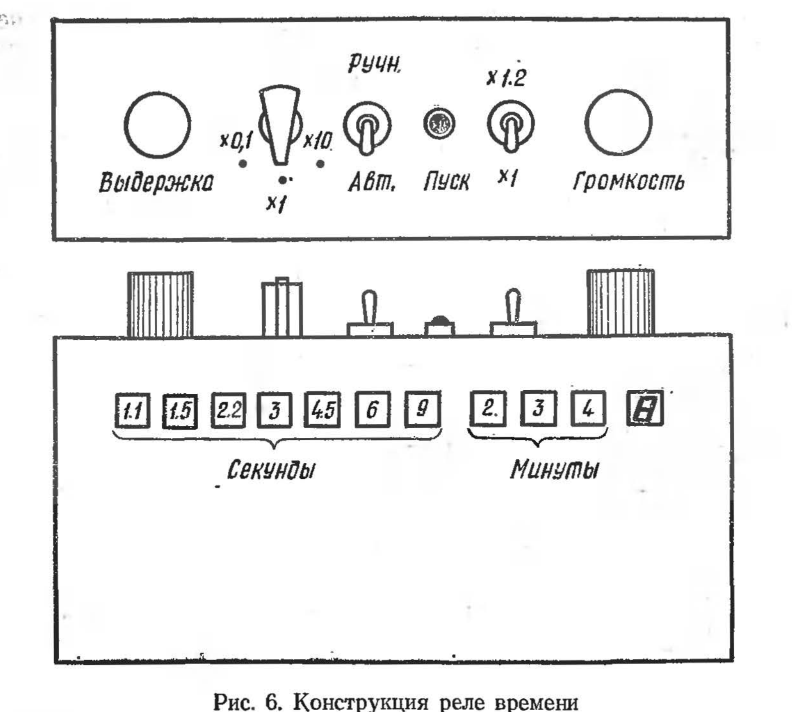


Рис. 6. Конструкция реле времени

обычной логике по схемам, опубликованным в журнале «Радио» (1977, № 5; 1981, № 1).

Телефон *B1* должен иметь сопротивление постоянному току 50...200 Ом. Трансформатор питания намотан на сердечнике ШЛ10 × 16. Первичная обмотка имеет 4700 витков провода ПЭВ 0,1, вторичная — 160 витков ПЭВ 0,35 и обмотка *III* содержит 80 витков провода ПЭВ 0,2. Переключатели *S1* и *S4* — МНП, *S2* — любой тумблер, а *S3* — кнопка КМ или КН.

Герконовые реле *К1* и *К2* самодельные. На стержне диаметром 3 мм (хвостовик сверла) наматывают полтора-два слоя кабельной бумаги и проклеивают быстросохнущим клеем. Предварительно стержень надо смазать техническим вазелином, чтобы к нему не приклеивалась бумага.

Длина полученной обоймы должна быть равна длине геркона (для КЭМ-2 — 21...22 мм). Далее на обойму с двух сторон надевают две шайбы из текстолита с таким расчетом, чтобы от края обоймы до шайбы было расстояние 1 мм (рис. 5), и промазывают все это клеем. Здесь

хорошо подходят изоляционные шайбы для винтов М3. После высыхания клея стержень зажимают в патрон дрели и наматывают до заполнения проводом ПЭВ 0,08, затем делают выводы из тонкого многожильного провода и обматывают полученную катушку липкой лентой или суровыми нитками с последующим приклеиванием. Снимают катушку со стержня и вставляют в нее геркон, закрепив его клеем. Рекомендуется предварительно проверить ток срабатывания реле, который не должен превышать 10 мА.

Реле времени представляет собой вертикальную конструкцию, где все индикаторы находятся на передней стенке, а органы управления — сверху, что удобно в эксплуатации. Элементы индикации закрыты платой из органического стекла, окрашенной с обратной стороны черной нитрокраской. Напротив ламп подсветки и светодиодной матрицы оставлены окна, на которых гравируются значения выдержек. Окна заклеивают с внутренней стороны тонкой полоской стеклотекстолита, служащей светорассеивателем. Гравировку можно нанести и на самой полоске. Внешний вид расположения элементов индикации и органов управления представлен на рис. 6.

ВОЗВРАЩАЯСЬ К НАПЕЧАТАННОМУ

ЕЩЕ РАЗ ОБ ЭЛЕКТРОННЫХ ЧАСАХ НА МИКРОМОЩНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Р. Майзульс

Отклики читателей на статью «Электронные часы на микромощных интегральных схемах» (ВРЛ № 72) показали, что данная публикация вызвала большой интерес. Однако при повторении конструкции часов у радиолюбителей возникло много вопросов и пожеланий, на которые мы постараемся ответить.

Многие читатели интересуются, нельзя ли присоединить к корпусу входы *C* микросхем *D4, D6, D7, D8*, как это сделано для микросхем *D2* и *D3*. Входы *C* предназначены для управления полярностью семисегментных кодов, формируемых выходными дешифраторами счетчиков. При $C = 0$ команды включения сегментов формируются в положительной полярности, а при $C = 1$ — в отрицательной. Так как в данной конструкции выходы дешифраторов соединены с сегментами индикаторов через инвертирующие буферные каскады, то для правильного функционирования

часов необходимо на входы управления *D4, D6, D7* и *D8* подать $C = 1$, т. е. напряжение питания. При этом светящемуся сегменту индикатора соответствует уровень нуля на выходе дешифратора и, наоборот, несветящемуся сегменту соответствует уровень единицы. При неправильном подключении входов *C* на индикаторах будут засвечены сегменты, которые при отображении данной цифры должны быть погашены. Например, при отображении цифры 0 будет светиться только сегмент *G*.

В принципе на индикаторы вместо $U_2 = 23$ В можно подать пониженное напряжение $U = U_1$. При этом сегменты присоединяются к выходам дешифраторов без буферных каскадов и схема существенно упрощается. Однако яркость свечения индикаторов падает, но, как показывает практика, она остается достаточной для использования часов при нормальных условиях освещения. В этом случае на входы управления *C* микросхем *D4, D6, D7* и *D8* необходимо подать нулевой потенциал.

Счетчики *D2* и *D3* просчитывают соответственно единицы и десятки секунд. Так как в описанных часах отсчет секунд не выводится на индикаторы, то входы управления *C* этих микросхем можно присоединить к любому потенциалу, например к нулевому. При необходимости отображения на индикаторной панели секунд на входы *C* микросхем *D2* и *D3* следует подать напряжение питания.

Радиолюбители интересуются возможностью замены микросхем и транзисторов на другие типы. Микросхемы, аналогичные К176ИЕ3, К176ИЕ4, К176ИЕ5, в настоящее время в составе других серий не выпускаются. Микросхему К176ЛА7 можно заменить на 164ЛА7, К561ЛА7 или 564ЛА7. Буферные каскады могут быть выполнены на *n-p-n* транзисторах следующих типов: КТ301А—Ж; КТ312Б; КТ315А—Е; КТ340Б; КТ342А,Б; КТ358Б и т. д.

Много вопросов касается выбора частоты кварцевого генератора, его стабильности, подстройки и возможности использования генераторов, работающих на других частотах. В описываемых часах использован кварцевый генератор с частотой $2^{15} = 32768$ Гц. Собранный по приведенной схеме кварцевый генератор с применением деталей с малой температурной зависимостью работает надежно и обеспечивает стабильность порядка $\pm(0{,}2—0{,}6)$ с в сутки. Подстройка частоты генератора может производиться изменением емкости конденсатора *C2*. С уменьшением емкости этого конденсатора частота может быть увеличена на несколько герц. Если, например, собственная частота резонатора равна 32766Гц, то, уменьшая емкость конден-

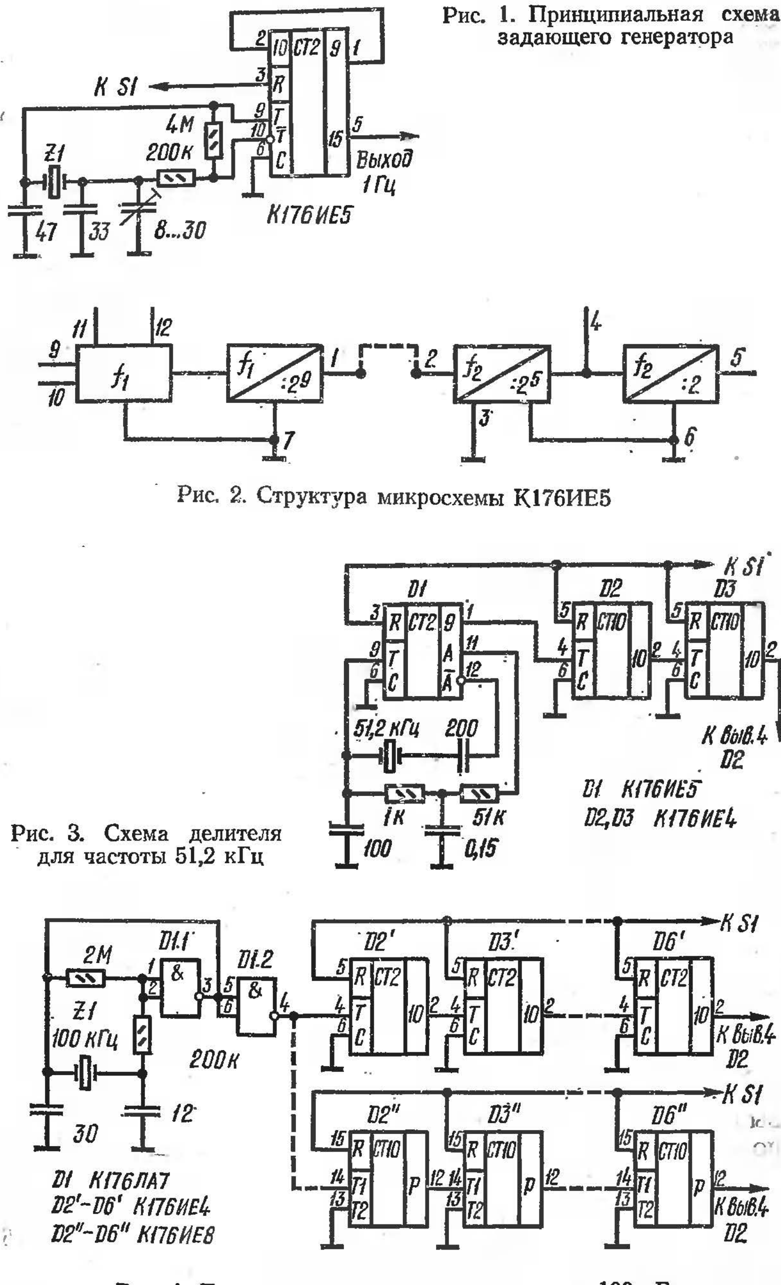


Рис. 1. Принципиальная схема задающего генератора

Рис. 2. Структура микросхемы К176ИЕ5

Рис. 3. Схема делителя для частоты 51,2 кГц

Рис. 4. Два варианта делителя для частоты 100 кГц

сатора *C2*, можно сделать ее равной точно 32768 Гц. Устойчивость колебаний генератора и форма импульсов определяются конденсатором *C1*.

Задающий генератор на микросхеме К176ИЕ5 можно выполнить иначе. На рис. 1 в качестве примера приведена схема генератора, используемая в ряде электронных часов, выпускаемых промышленностью. В состав микросхемы К176ИЕ5 кроме логических ячеек, используемых в генераторе, входят два последовательно соединенных делителя частоты. Структурная схема данной микросхемы приведена на рис. 2. Коэффициент деления первого делителя $2^9 = 512$, а второго, который, в свою очередь, состоит из двух делителей, составляет $2^6 = 2^5 \cdot 2 = 32 \cdot 2$. Выход первого делителя (вывод *1*) обычно соединяют со входом второго (вывод *2*). На выходах второго делителя формируются односекундные импульсы — на выводе *5* в случае использования кварцевого резонатора с частотой $2^{15} = 32768$ Гц или на выводе *4* в случае использования частоты $2^{14} = 16384$ Гц. Используя данную микросхему и другие из серии К176, например двоичные (К176ТМ2, К176ИЕ1 К176ИЕ2) или десятичные (К176ИЕ4, К176ИЕ8) делители частоты, можно получить односекундные импульсы при наличии кварцевых резонаторов других частот.

При этом величина собственной частоты кварцевого резонатора должна быть не более 1 МГц и равна произведению сомножителей типа $2^n \cdot 10^m$, где n и $m \geqslant 0$ — целые числа. Так, например, для частоты 51,2 кГц $= 2^9 \times 10^2$ Гц может быть построен делитель, схема которого изображена на рис. 3.

Для частоты 100 кГц $= 10^5$ Гц на рис. 4 в качестве примера приведены схемы двух вариантов делителей. Кварцевый генератор выполнен в виде несимметричного автоколебательного мультивибратора на логических ячейках типа 2И-НЕ, а делители частоты — на основе декадных счетчиков К176ИЕ4 или К176ИЕ8.

В описанных часах секундные импульсы выведены на индикатор в виде мерцающей точки между второй и третьей цифрами, т. е. между индикатором единиц часов и десятков минут. Для этого секундные импульсы (a_0) с вывода *5* микросхемы *D1* через буферный транзистор *V25* поданы на вывод *6* (A_0) индикатора *H3*. Чтобы вывести отсчет секунд на блок индикации, необходимо использовать не показанные на схеме дешифрирующие выводы счетчиков *D2* и *D3* (рис. 5). Схемы включения индикаторов *H5* (единицы секунд) и *H6* (десятки секунд) соответственно аналогичны схемам включения *H1* и *H2*. При этом входы

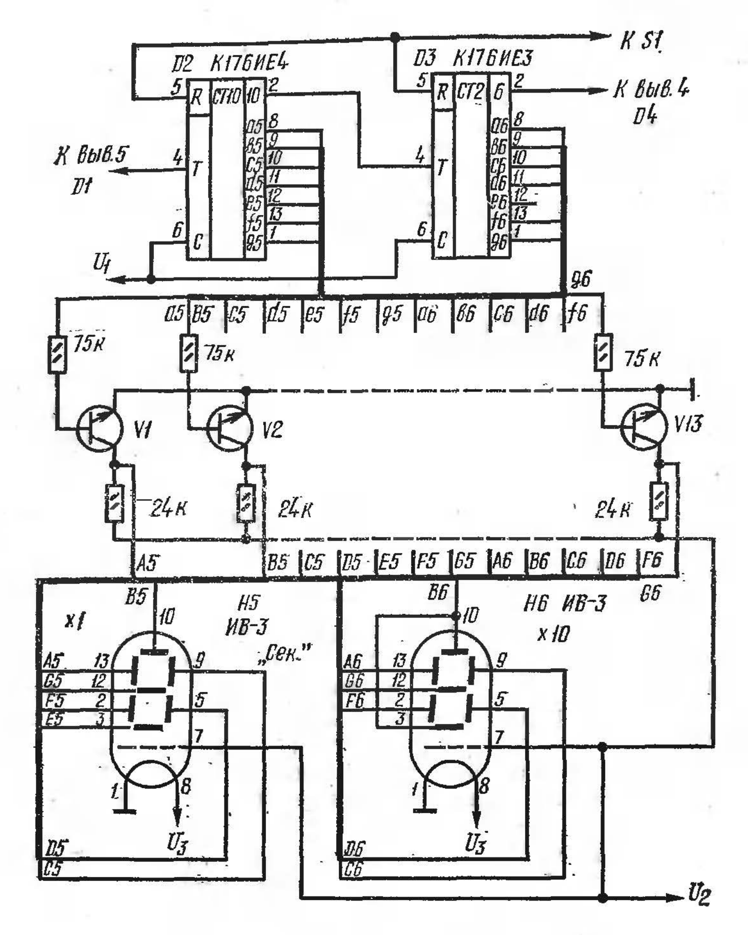


Рис. 5. Схема вывода индикации секунд

управления *C* счетчиков, как показано выше, необходимо присоединить к источнику питания U_1.

Наибольшее число вопросов, полученных редакцией, касается применения часов в режиме будильника. Для реализации этого режима необходимо использовать преобразователь семисегментового кода в позиционный код, устройство набора времени и управляемый генератор низкой частоты с нагрузкой в виде малогабаритного динамического громкоговорителя. Для этого используют выводы *3* микросхем *D6* и *D7* в части схемы, показанной на рис. 2 в статье.

Таблица 1

Цифра	Счетчик			
	D8 (Ч$_{10}$)	*D7* (Ч$_{01}$)	*D6* (М$_{10}$)	*D4* (М$_{01}$)
0	$\bar{a}_4$	$\bar{f}_3 g_3$	$\bar{f}_2 g_2$	$\bar{a}_1 g_1$
1	b_4	$b_3 g_3$	$b_2 g_2$	—
2	d_4	d_3	d_2	—
3	—	$a_3 f_3 \bar{g}_3$	$a_2 f_2 k_2$	—
4	—	$b_3 \bar{g}_3$	$b_2 k_2$	—
5	—	$c_3 f_3$	c_2	—
6	—	$c_3 \bar{f}_3$	—	—
7	—	$g_3 k_3$	—	—
8	—	$\bar{a}_3 \bar{c}_3 \bar{f}_3 \bar{g}_3$	—	—
9	—	$l_3 \bar{k}_3$	—	—

Принципы выполнения преобразователя кодов рассмотрим, используя диаграмму рис. 3, приведенную в статье. На этой диаграмме изображено распределение потенциалов на кодовых выходах счетчиков *D4*(М01), *D6*(М10), *D7*(Ч01) и *D8*(Ч10). При этом кодовые интервалы (0—9) счетчиков *D7* и *D4* на рис. 3, *в* показаны неточно. Вместо Ч10 и М10 следует читать Ч01 и М01. Импульс, соответствующий, например, цифре 1, может быть сформирован схемой совпадения, на входы которой поступают одновременно сигналы семисегментного кода с выходов *a, b, e, f, g*, а также инверсии (отрицания) сигналов с выходов *c, d*. Используя простейшие понятия алгебры высказываний, можно сформулировать, что для выделения этого импульса необходимо осуществить логическое умножение (конъ-

юнкцию) функций a, b, e, f, g, а также инверсий функций c, d. Операция инверсии обозначается короткой чертой над знаком, например $\bar{c}$ (читается «не c»).

Логическое выражение для выделения цифры 1 может быть записано в следующем виде: «1» $= a\,b\,\bar{c}\,\bar{d}\,e\,f\,g$. Подобным образом можно записать выражения для остальных цифр. Все они в общем виде являются функциями семи входных переменных. Для дешифрации минут и часов понадобилось бы 29 таких выражений, что аппаратурно реализуется сложной схемой.

Однако преобразователь кодов можно существенно упростить. Для работы будильника вполне достаточно набирать время с точностью до 10 мин. При этом преобразователь кодов для единиц минут должен выполнять дешифрацию только одной цифры, например цифры 0. Используя семисегментную матрицу, можно в принципе отобразить $2^7 = 128$ различных знаков. Так как реально отображаются лишь 10 знаков, семисегментный код обладает значительной избыточностью. Эта избыточность позволяет существенно упростить систему логических выражений преобразователя кодов, уменьшив тем или иным образом в каждом из них число входных переменных. При этом необходимо учитывать различие длины рабочих интервалов счетчиков. Счетчик *D8* (Ч10) работает в интервале 0—2, а счетчики *D7* (Ч01) и *D6* (М10) соответственно в интервалах 0—9 и 0—5.

Так, например, для счетчиков *D8, D7* и *D6* упрощенные логические выражения для выделения цифры 1 приобретают соответственно вид: «1»$_4 = b_4$; «1»$_3 = b_3g_3$; «1»$_2 = b_2g_2$. Результат подобной минимизации неоднозначен. Один из вариантов минимизированной системы выражений преобразователя кодов приведен в табл. 1. Анализ выражений показывает, что большинство их представляет собой логическое произведение двух переменных. Остальные выражения, независимо от числа переменных, могут быть путем тождественных преобразований приведены к такому же виду. Так, например, $d = d \cdot 1$ или $af\bar{g} = (af)\bar{g}$. В первом случае в качестве дополнительной переменной используется потенциал логической единицы, а во втором выражение (af) формируется предварительно, а потом используется в качестве одной из переменных.

Преобразователь кодов, схема которого приведена на рис. 6, может формировать в зависимости от положения устройства набора сигналы длительностью в одну минуту через 10 мин в интервале времени от 00 ч до 23 ч 50 мин. Преобразователь реализован на логических ячейках

2И-НЕ микросхемы К176ЛА7 (*D12—D15*) и 9И микросхемы К176ЛИ1 (*D16*). Устройство набора времени может быть выполнено на основе переключателей типа П2К с зависимой фиксацией, шагом 10 мм, содержащих кнопки с двумя группами переключения. При этом переключатели Ч10, Ч01 и М10 должны иметь соответственно 3, 10 и 6 кнопок. Кроме того, устройство набора может быть выполнено на основе малогабаритных галетных переключателей. На рис. 6 контакты устройства набора установлены в такое положение, чтобы звуковой сигнал был включен в 06 ч 30 мин. При наступлении заданного момента вре-

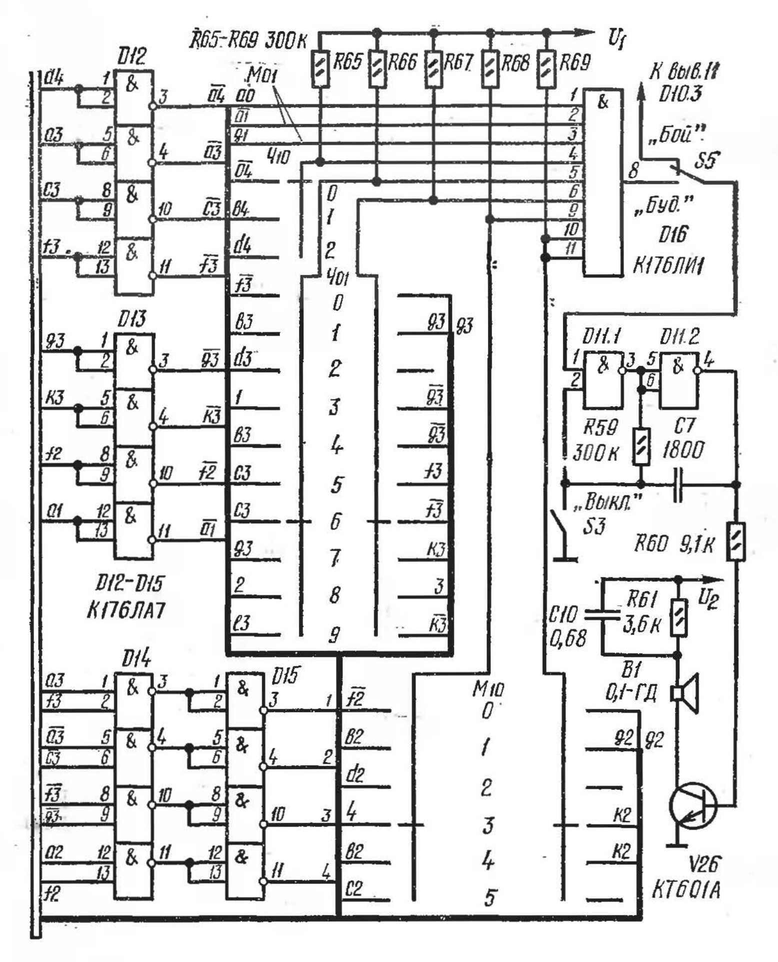


Рис. 6. Принципиальная схема преобразователя кодов

мени на все входы схемы логического умножения *D16* подается уровень 1. При этом на выходе *D16* также появляется уровень 1.

В разрыв цепи, соединяющей вывод *11* микросхемы *D10.3* и вывод *1* микросхемы *D11.1* (см. рис. 4 статьи), устанавливается переключатель *S5* для выбора режима работы блока БЗ. В положении 1 схема работает в режиме «будильник», а в положении 2 — в режиме «бой».

В режиме «бой» схема работает, как описано в статье. В режиме «будильник» разрешающий потенциал с выхода *D16* через переключатель *S5* подается на мультивибратор *D11.1—D11.2*. Кроме сигналов преобразователя кодов на вход *D16* поданы также секундные метки a_0 с выхода делителя *D1*. Поэтому сигнал «будильника» представляет собой тон 800 Гц, модулированный одногерцовыми импульсами. Через одну минуту после включения звукового сигнала изменяется распределение потенциалов на выходе дешифратора *D4* (единицы минут), совпадение единичных потенциалов на входах *D16* исчезает, и звуковой сигнал выключается.

Согласующий каскад *V26*, приведенный на рис. 4 статьи, в целях повышения надежности целесообразно выполнить по иной схеме, подав на него напряжение питания U_2. В этом случае при включении звуковой сигнализации не нагружается маломощный стабилизированный источник напряжения U_1. Тумблер *S3*, предназначенный для выключения звуковой сигнализации, в данном случае целесообразно установить в цепях мультивибратора.

В заключение следует указать на несколько неточностей в принципиальной схеме (см. рис. 2 статьи). Индикатор *H4*, предназначенный для отображения десятков часов (Ч10), воспроизводит только цифры 0, 1, 2. Поэтому, как можно видеть на рис. 3, его сегменты *B4*, *E4* и *F4* переключаются одновременно и могут поэтому быть соединенными между собой и управляться через соответствующий ключ одним из выходов дешифратора *D8*, например выходом *B4*. На рис. 2 сегмент *F4* следует соединить с *E4* и *B4* и не выводить отдельным проводом. Кроме того, в проводной шине, соединяющей выходы буферных каскадов со входами управления индикаторов, пропущен провод *E3* и ошибочно вставлен провод *C4*. Дело в том, что сегмент *C4* индикатора *H4* соединяется с источником U_2 через резистор *R56* и светится постоянно.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ЦИФРОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ И ИХ ИНОСТРАННЫЕ АНАЛОГИ

Р. Майзульс

Отечественная промышленность выпускает большой набор современных цифровых интегральных схем (ИС). Согласно действующему в настоящее время ГОСТ 18682—73 условное обозначение ИС состоит из четырех элементов. Первый элемент — цифра, указывающая на конструктивно-технологическое исполнение ИС (1; 5 — полупроводниковые; 7 — бескорпусные полупроводниковые; 2; 4; 6; 8 — гибридные; 3 — прочие ИС, например, пленочные, керамические, вакуумные и т. д.). Второй элемент — две цифры, обозначающие порядковый номер разработки серии ИС от 00 до 99. Номер серии образуется цифрами первого и второго элементов.

Третий элемент — две буквы, обозначающие функциональную классификацию ИС, при этом первая буква обозначает подгруппу, а вторая — вид ИС. Для обозначения цифровых схем используются следующие наборы букв:

формирователи (АГ — импульсов прямоугольной формы; АП — прочие);

коммутаторы и ключи (КТ — тока; КН — напряжения; КП — прочие);

логические элементы (ЛА — И/НЕ; ЛЕ — ИЛИ/НЕ; ЛИ — И; ЛЛ — ИЛИ; ЛН — НЕ; ЛС — И-ИЛИ; ЛР — И-ИЛИ/НЕ; ЛД — расширители по ИЛИ; ЛП — прочие);

триггеры (ТВ — типа *JK*; ТР — типа *RS*; ТМ — типа *D*; ТЛ — триггер Шмитта);

элементы арифметических и дискретных устройств (ИР — регистры; ИМ — сумматоры; ИЕ — счетчики; ИД — дешифраторы; ИК — комбинированные; ИП — прочие);

преобразователи (ПН — напряжения, ПУ — согласователи; ПА — код — аналог; ПВ — аналог — код; ПР — код — код; ПП — прочие);

элементы запоминающих устройств ЗУ (РМ — оперативное ЗУ; РВ — постоянное ЗУ; РУ — оперативное ЗУ со схемами управления; РЕ — масочное ЗУ со схемами управления; РР — постоянное ЗУ со схемами управления и многократным программированием; РП — прочие).

Четвертый элемент — порядковый номер разработки ИС по функциональному признаку в данной серии. Этот номер может состоять из одной или нескольких цифр.

Для ИС широкого применения в начале условного обозначения указывается буква «К». Если после нее перед номером серии указана буква «М», то это означает, что данная серия выпускается в керамическом корпусе.

Таким образом, например, запись КМ155ЛА4 расшифровывается как полупроводниковая ИС широкого применения серии 155 в керамическом корпусе, являющаяся логическим элементом типа И/НЕ, порядковый номер которого равен четырем.

В полупроводниковых ИС в качестве активных элементов используются как биполярные, так и униполярные (полевые) интегральные структуры. Наибольшее распространение среди ИС с биполярными структурами получили схемы транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Разработка и выпуск перспективных серий ТТЛ сопровождается их постоянной модернизацией — снижением мощности, повышением быстродействия, расширением функциональных возможностей. В частности, в последнее время широкое распространение получили схемы ТТЛ с диодами Шоттки (ТТЛШ), имеющие повышенное быстродействие и пониженную мощность потребления.

Большую популярность среди разработчиков получили ИС на полевых транзисторах с оксидной изоляцией, имеющие комплементарную (разного типа проводимости) структуру типа металл — окисел — полупроводник (КМОП). Они являются основой для разработки современных микрокалькуляторов, электронных часов, запоминающих устройств и т. д.

К числу электрических параметров, которые достаточно полно характеризуют ИС различных серий и позволяют сравнивать их между собой, относятся: быстродействие, потребляемая мощность, нагрузочная способность, помехоустойчивость и величины напряжения питания и логических уровней.

В табл. 1 приведены широко используемые в настоящее время интегральные серии ТТЛ, ТТЛШ и КМОП типов. Для сравнения показаны их основные параметры (ток потребления в статическом режиме, а также величина задержки при включении и выключении схемы) и дана краткая характеристика каждой серии. Здесь же приведены условные обозначения наиболее популярных в зарубежной технической литературе функциональных аналогов этих серий. Так, например, серии 130 и К131 характеризуются как серии сравнительно высокого быстродействия. Аналогами этих серий являются серии SN54H и SN74H, разработанные фирмой Texas Instruments. Аналогичные

серии выпускаются фирмами многих стран мира. Из данной таблицы следует, что основным преимуществом для ТТЛ серий является высокое быстродействие, а для КМОП серий — малая потребляемая мощность.

В табл. 2 для нескольких ТТЛ ИС нормального быстродействия (К155) приведены для примера иностранные аналоги. Обычно они имеют одинаковые цифровые и различные буквенные обозначения. В ряде стран (ГДР, СРР и др.) используются иные цифровые обозначения, которые, как это видно из таблицы, жестко связаны с обозначениями фирм США.

Не все серии содержат одинаковый набор ИС. Функциональный состав наиболее популярных ТТЛ серий, разработанных в последние годы, приведен в табл. 3. Знаком «+» отмечено наличие ИС данного вида в серии. Здесь же указаны функциональные аналоги этих ИС. Полное условное обозначение ИС образуется из номера серии и буквенно-цифрового обозначения, указанного в таблице, например К131ЛА1. Полное условное обозначение функционального аналога этой схемы образуется из обозначения серии, приведенного в табл. 1, и номера, приведенного в графе «Обозначение функционального аналога» табл. 2, т. е. SN7420H.

Аналогичные данные для микромощных серий типа КМОП приведены в табл. 4. Полное обозначение функционального аналога для этих серий строится по тому же принципу. Например, аналогом схемы 564ЛА7 является схема CD4011A.

Разработка ИС непрерывно продолжается, поэтому, естественно, приведенные выше таблицы не являются исчерпывающими и со временем должны дополняться новыми данными.

ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ 18682—73. Микросхемы интегральные: классификация и система условных обозначений.

Аналоговые и цифровые интегральные схемы / Под ред. С. В. Якубовского.— М.: Советское радио, 1979.

Горн Л. С., Хазанов Б. И. Элементы микромощных цифровых устройств.— М.: Атомиздат, 1980.

Справочник по интегральным микросхемам / Под ред. Б. В. Тарабрина.— М.: Энергия, 1980.

Таблица 1

Функциональные аналоги и электрические параметры ИС ТТЛ, ТТЛШ и КМОП структуры

Технология	Серия	Функциональный аналог	Параметр: Напряжение питания, В	Ток потребления, не более, мА, в состоянии «0»	Ток потребления, не более, мА, в состоянии «1»	Задержка, не более, нс, вкл.	Задержка, не более, нс, выкл.
ТТЛ	Стандартная 133	SN54	+5В±±10%	20	10	15	22
	155, К155, КМ155	SN74	+5В±±5% » »				
	Высокого быстродействия 130	SN54H	+5±±10%	44	20	10	10
	К131	SN74H	+5В±±5%				
	Маломощная 134	SN74L	+5В±±10%	2,5	0,7	70	70
ТТЛШ	Высокого быстродействия 530	SN54S	+5В±±10%	36	16	5,0	4,5
	К531	SN74S	+5В±±5%				
	Маломощная 533	SN54LS	+5В±±10%	4,4	1,6	20	20
	К555	SN74LS	+5В±±5%				

Продолжение табл. 1

Технология	Серия	Функциональный аналог	Параметр				
			Напряжение питания, В	Ток потребления, не более, мА, в состоянии		Задержка, не более, нс	
				«0»	«1»	вкл.	выкл.
КМОП	Микромощная 164 К176	CD4000	+9В±±10% +9В±±5%	$2\cdot10^{-4}$	$2\cdot10^{-4}$	200	200
	Высокого быстродействия 564 К561	CD4000A MC14500A	3÷15	10^{-4}	10^{-4}	80	80

Таблица 2

Обозначение ТТЛ ИС различных стран

Страна									
СССР	США			Голландия	ЧССР	ПНР	ВНР	ГДР	СРР
	Обозначение								
	SN[1]	*MC*[2]	*DM*[3]	*N*[4]	*MH*	*UCY*	*PC*	*D*	*CDB*
К155ЛА2	7430							130	430
К155ЛА3	7400							100	400
К155ЛА4	7410							110	410
К155ИЕ2	7490							190	490

Примечание. 1 — фирма Тексас; 2 — фирма Моторола; 3 — фирма Национал; 4 — фирма Филипс.

Таблица 3

Состав серий ИС со структурой ТТЛ и ТТЛШ

№ п/п	Обозначение	Серия 133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555	Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
1	ЛА1	+	+	+	+		+	+	+	+	20	2 (4И-НЕ)
2	ЛА2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	30	8И-НЕ
3	ЛА3	+	+	+	+		+	+	+	+	00	4 (2И-НЕ)
4	ЛА4	+	+	+	+		+	+	+	+	10	3 (3И-НЕ)
5	ЛА6	+	+	+	+						40	2 (4И-НЕ) с повышенной нагрузочной способностью
6	ЛА7	+	+					+	+	+	22	2 (4И-НЕ) с открытым коллектором и повышенной нагрузочной способностью (эл. индикации)
7	ЛА8	+	+			+					01	4 (2И-НЕ) с открытым коллектором (эл. контроля)
8	ЛА9						+	+	+	+	03	4 (2И-НЕ) с открытым коллектором
9	ЛА10	+	+								12	3 (3И-НЕ) с открытым коллектором
10	ЛА11	+	+							+	26	4 (2И-НЕ) с открытым коллектором и высоковольтным выходом
11	ЛА12	+	+					+		+	37	4 (2И-НЕ) — буферные элементы
12	ЛА13		+					+			38	4 (2И-НЕ) — буферные элементы с открытым коллектором
13	ЛА15	+									—	4 (2И-НЕ) — элемент сопряжения МОП ЗУ с ТТЛ
14	ЛА16						+	+			140	2(4И-НЕ) — магистральный усилитель
15	ЛА18	+	+								SN75 452	2 (2И-НЕ) с мощным открытым коллекторным выходом
16	ЛБ1					+					—	4 (2И-НЕ)
17	ЛБ2					+					—	2 (4И-НЕ) + НЕ

№ п/п	Обозначение	Серия 133	K155	130	K131	134	530	K531	533	K555	Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
18	ЛД1	+	+	+	+						60	Два 4-входовых расширителя по ИЛИ
19	ЛД3	+	+								—	8-входовой расширитель по ИЛИ
20	ЛЕ1	+	+				+	+	+	+	02	4 (2ИЛИ-НЕ)
21	ЛЕ2		+								23	2 (4ИЛИ-НЕ) со стробированием на одном элементе н возможностью расширения иа другом
22	ЛЕ3	+	+								25	2 (4ИЛИ-НЕ) со стробированием
23	ЛЕ4		+							+	27	3 (3ИЛИ-НЕ)
24	ЛЕ5	+	+								28	4 (2ИЛИ-НЕ) — буферное устройство
25	ЛЕ6	+	+								128	4 (2ИЛИ-НЕ) — магистральный усилитель
26	ЛИ1	+	+					+	+	+	08	4 (2И)
27	ЛИ3						+	+	+	+	11	3 (3И)
28	ЛИ5	+	+								SN75 451	2 (2И) с мощным открытым коллекторным выходом
29	ЛИ6								+	+	21	2 (4И)
30	ЛЛ1	+	+				+	+	+	+	32	4 (2ИЛИ)
31	ЛЛ2		+								SN75 453	2(2ИЛИ) с мощным открытым коллекторным выходом
32	ЛН1	+	+	+	+		+	+	+	+	04	6НЕ
33	ЛН2	+	+				+	+	+	+	05	6НЕ с открытым коллектором
34	ЛН3	+	+								06	6НЕ с открытым коллектором и повышенным коллекторным напряжением

№ п/п	Обозначение	Серия									Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
		133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555		
35	ЛН4		+								07	6 буферных формирователей с открытым коллектором
36	ЛН5	+	+								16	6НЕ с открытым коллектором и повышенным коллекторным напряжением
37	ЛН6		+								366	6НЕ с элементами управления по входам и тремя состояниями на выходе
38	ЛП3					+			+		—	Мажоритарный элемент
39	ЛП5	+	+				+	+	+	+	86	4 (исключающее ИЛИ)
40	ЛП7	+	+								SN75 450	2 (2И-НЕ) с общим входом и двумя мощными транзисторами
41	ЛП8	+	+								125	4 буферных вентиля с тремя состояниями на выходе
42	ЛП9	+	+								—	6 буферных формирователей с открытым коллектором
43	ЛП10		+								365	6 повторителей с элементами управления по входам и тремя состояниями на выходе
44	ЛП11		+								367	6 повторителей с раздельными элементами управления по входам и тремя состояниями на выходе
45	ЛР1	+	+	+	+	+					50	2 ((2-2И-2ИЛИ-НЕ) — один с воз-

№ п/п	Обозначение	Серия									Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
		133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555		
												можностью расширения по ИЛИ
46	ЛР2					+					—	2-2-3-4И-4ИЛИ-НЕ
47	ЛР3	+	+	+	+						53	2-2-2-3И-4ИЛИ-НЕ с возможностью расширения по ИЛИ
48	ЛР4	+	+	+	+	+			+	+	55	4-4И-2ИЛИ-НЕ с возможностью расширения по ИЛИ
49	ЛР9						+	+			64	4-2-3-2И-4ИЛИ-НЕ
50	ЛР11						+	+	+	+	51	(2-2И-2ИЛИ-НЕ) (3-3И-2ИЛИ-НЕ)
51	ТВ1	+	+	+	+	+					72	Триггер *JK* с логикой на входе 3И
52	ТВ9						+	+	+		112	Два триггера *JK*
53	ТВ10						+	+			113	Два триггера *JK*
54	ТВ11						+	+			114	Сдвоенный триггер *JK*
55	ТВ14					+					78	Сдвоенный триггер *JK*
56	ТМ2	+	+	+	+	+	+	+		+	74	Два триггера *D*
57	ТМ5	+	+								77	Четыре триггера *D*
58	ТМ7	+	+							+	75	Четыре триггера *D* с прямыми и инверсными выходами
59	ТМ8	+	+				+	+	+		175	Счетверенный триггер *D*
60	ТЛ1	+	+								13	Два триггера Шмитта с логическим элементом на входе
61	ТЛ2		+						+	+	14	6 триггеров Шмитта с инверторами
62	ТЛ3		+					+			132	4 (2И-НЕ) с триггерами Шмитта
63	ИД1	+	+								141	Высоковольтный дешифратор для управления газоразрядными индикаторами

№ п/п	Обозначение	Серия									Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
		133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555		
64	ИД3	+	+			+					154	Дешифратор 4 линии на 16
65	ИД4	+	+						+	+	155	Сдвоенный дешифратор-демультиплексор 2 линии на 4
66	ИД6					+					42	Дешифратор 4 линии на 10
67	ИД7							+	+	+	138	Двоичный дешифратор на 8 направлений
68	ИД8		+								—	Дешифратор для управления матрицей на светодиодах
69	ИД9		+								—	Дешифратор для управления матрицей на светодиодах
70	ИД11		+								—	Дешифратор на 3 входа и 8 выходов для управления шкалой с заполнением
71	ИД12		+								—	Дешифратор на 3 входа и 8 выходов для управления шкалой со сдвигом на 1 точку
72	ИД13		+								—	Дешифратор на 3 входа и 8 выходов для управления шкалой со сдвигом на 2 точки
73	ИЕ1		+								—	Декадный счетчик с фазоимпульсным представлением информации
74	ИЕ2	+	+			+					90А	Двоично-десятичный 4-разрядный счетчик
75	ИЕ4	+	+								92А	Счетчик-делитель на 12
76	ИЕ5	+	+			+					93А	Двоичный счетчик

№ п/п	Обозначение	Серия									Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
		133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555		
77	ИЕ6	+	+						+	+	192	Двоично-десятичный реверсивный счетчик
78	ИЕ7	+	+						+	+	193	4-разрядный двоичный реверсивный счетчик
79	ИЕ8	+	+								97	Делитель частоты с переменным коэффициентом деления
80	ИЕ9		+								160	Синхронный десятичный 4-разрядный счетчик
81	ИМ1	+	+								80	1-разрядный полный сумматор
82	ИМ2	+	+								82	2-разрядный полный сумматор
83	ИМ3	+	+								83А	4-разрядный полный сумматор
84	ИМ4					+					—	4-разрядный полный сумматор
85	ИМ5					+					183	Сдвоенный полный сумматор с ускоренным переносом
86	ИП2	+	+			+					180	8-разрядная схема контроля четности и нечетности
87	ИП3	+	+			+	+	+	+	+	181	Арифметическо-логическое устройство
88	ИП4	+	+			+	+	+	+	+	182	Схема ускоренного переноса
89	ИР1	+	+			+					95	4-разрядный универсальный сдвигающий регистр
90	ИР2					+					91	8-разрядный сдвигающий регистр
91	ИР5					+					98	4-разрядный селекторный регистр

№ п/п	Обозначение	Серия 133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555	Обозначение функц. аналога	Фуикциональное нааначение
92	ИР8					+					164	8-разрядный последовательный сдвигающий регистр с параллельным выходом
93	ИР13	+	+								198	8-разрядный реверсивный регистр
94	ИР15		+								173	4-разрядный регистр с тремя состояниями на выходе
95	ИР17	+	+								АМ2 504	12-разрядный регистр последовательного приближения
96	ИВ1		+							+	148	Приоритетный шифратор 8 каналов в 3
97	КП1	+	+								150	Селектор-мультиплексор на 16 каналов со стробнрованием
98	КП2	+	+				+	+	+		153	Сдвоенный селектор-мультиплексор на 4 канала
99	КП5	+	+								152	Селектор-мультиплексор на 8 каналов
100	КП7	+	+					+	+		151	Селектор-мультиплексор на 8 каналов со стробированием
101	КП8					+					—	3 схемы переключателя
102	КП9					+					—	Сдвоенный коммутатор 4 канала на 1
103	КП10					+					—	Коммутатор на 8 каналов
104	РЕ4									+	187	ПЗУ — преобразователь двоичного кода в коды знаков алфавита и цифр

№ п/п	Обозначение	Серия									Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
		133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555		
105	РЕ3		+								N 82 23В	ПЗУ на 256 бит со схемами управления
106	РЕ21		+								187	
107	РЕ22		+								187	ПЗУ на 1024 бита-преобразователь двоичного кода в код русского, латинского алфавита, код арифметических знаков
108	РЕ23		+								187	
109	РЕ24		+								187	
110	РМ1					+					—	4 накопительных элемента
111	РП1	+	+								170	16-разрядное регистровое ЗУ
112	РП3		+								172	Регистровая память на 16 бит с тремя состояниями на выходе
113	РУ1	+	+								81	16-разрядное ОЗУ со схемами управления
114	РУ2	+	+								89	ОЗУ на 64 бита с произвольной выборкой
115	РУ3		+								84	ОЗУ на 16 бит с вентильным входом усилителей записи
116	РУ5		+								—	ОЗУ на 256 бит с произвольной выборкой
117	ХЛ1		+					+			—	Многофункциональный логический элемент
118	ХЛ2					+					—	Многоцелевой элемент цифровой структуры
119	ХЛ3					+					—	Многоцелевой элемент цифровой структуры

№ п/п	Обозначение	Серия: 133	K155	130	K131	134	530	K531	533	K555	Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
120	АГ1	+	+								121	Одновибратор с логическим элементом на входе
121	АГ3	+	+							+	123	Сдвоенный одновибратор с повторным запуском
122	АП1		+								—	Формирователь разрядной записи, усилитель воспроизведения и схема установки нуля
123	ПР6	+	+								184	Преобразователь двоично-десятичного кода в двоичный
124	ПР7	+	+								185	Преобразователь двоичного кода в двоично-десятичный
125	ПП4	+									49	Преобразователь двоичного кода в семисегментный код
126	СП1					+	+	+	+	+	85	4-разрядная схема сравнении
127	БР1				+						—	Элемент регулируемой временной задержки
128	ЛА17						+	+			—	2 (4И-НЕ) с тремя состояиииями на выходе (магистральный усилитель)
129	ЛЕ7							+			260	2 (5ИЛИ-НЕ)
130	ЛР10							+			65	(4-3-2-2) И-НЕ с открытым коллектором
131	ТВ6								+	+	107	Два триггера *JK* со сбросом

№ п/п	Обозначение	Серия 133	К155	130	К131	134	530	К531	533	К555	Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
132	ТМ9								+		174	Шесть триггеров *D*
133	ТВ13					+					—	Триггер *JK*
134	ТР2								+		279	Четыре триггера *RS*
135	ИД10	+	+						+		145	Двоично-десятичный дешифратор
136	ИД14							+			139	Два дешифратора 2 на 4
137	ИЕ16							+			168	Двоично-десятичный реверсивный счетчик
138	ИЕ17							+			169	4-разрядный реверсивный счетчик
139	ИП5						+	+			280	9-разрядная схема контроля четности
140	ИР16								+	+	295	4-разрядный универсальный сдвигающий регистр
141	ИР18							+			AM25 S07	6-разрядный параллельный регистр
142	ИР19							+			AM25 S08	4-разрядный параллельный регистр
143	ИР20							+			AM25 S09	4-разрядный регистр с селекторами 2 на 1
144	ИР21							+			AM25 S10	4-разрядное сдвигающее устройство
145	КП11						+	+	+	+	257	4-разрядный селектор 2 на 1 с тремя состояниями на выходе
146	КП12								+	+	253	2-разрядный коммутатор на 4 канала с тремя состояниями на выходе
147	КП13								+	+	298	4 мультиплексора на 2 входа с запоминанием
148	КП14						+	+	+		258	4-разрядный селектор 2 на 1 с тремя устойчивыми состояниями
149	КП15								+		251	8-входовой мультиплексор с тремя состояниями на выходе

Таблица 4

Состав серий ИС со структурой КМОП

№	Обозначение	Серия 164	Серия К176	Серия 564	Серия К561	Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
1	ЛА7	+	+	+	+	11	4 (2И-НЕ)
2	ЛА8	+	+	+	+	12	2 (4И-НЕ)
3	ЛА9	+	+	+	+	23	3 (3И-НЕ)
4	ЛЕ5	+	+	+	+	01	4 (2ИЛИ-НЕ)
5	ЛЕ6	+	+	+	+	02	2 (4ИЛИ-НЕ)
6	ЛЕ10	+	+	+	+	25	3 (3ИЛИ-НЕ)
7	ЛП1	+	+			07	Элемент логический универсальный
8	ЛП2	+	+	+	+	30	4 (исключающее ИЛИ)
9	ЛП4	+	+			00	2 (3ИЛИ-НЕ) + НЕ
10	ЛП11	+	+			—	2 (4ИЛИ-НЕ) + НЕ
11	ЛП12	+	+			—	2 (4И-НЕ) + НЕ
12	ЛП13			+	+	—	3 трехвходовых мажоритарных элемента
13	ЛИ1	+	+			—	9И + НЕ
14	ЛН1			+	+	МС145 02А	6НЕ со стробированием
15	ЛН2			+	+	49	6НЕ — для согласования с ТТЛ
16	ЛС1	+	+	+		—	3 (2-2-2И-3ИЛИ)
17	ЛС2			+	+	19	4 (2-2И-2ИЛИ)
18	ТМ1	+	+			03	2 триггера *D* с установкой «0»
19	ТМ2	+	+	+	+	13	2 триггера *D* с установкой «0» и «1»
20	ТМ3			+	+	42	4 триггера *D*
21	ТВ1	+	+	+	+	27	2 триггера *JK* с установкой «0» и «1»
22	ТР2			+	+	43	4 триггера *RS*

Продолжение табл. 4

№	Обозначение	Серия				Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
		164	К176	564	К561		
23	ПУ1	+	+			—	5 преобразователей уровня КМОП — ТТЛ с инверсией
24	ПУ2		+			09	6 преобразователей уровня КМОП — ТТЛ с инверсией
25	ПУ3		+			10	6 преобразователей уровня КМОП — ТТЛ без инверсии
26	ПУ4			+	+	50	6 преобразователей уровня КМОП — ТТЛ без инверсии
27	ПУ5		+			—	4 преобразователя уровня КМОП — ТТЛ с прямыми и инверсными выходами
28	КТ1	+	+			16	4 двунаправленных переключателя
29	КТ3			+	+	66	Счетверенный двунаправленный переключатель
30	ИЕ1	+	+			24	6-разрядный двоичный счетчик
31	ИЕ2	+	+			ТА-5 971	5-разрядный счетчик
32	ИЕ3		+			—	Счетчик по модулю 6 с дешифратором семисегментного кода
33	ИЕ4		+			—	Счетчик по модулю 10 с дешифратором семисегментного кода
34	ИЕ5		+			—	Пятнадцатиразрядный двоичный делитель частоты
35	ИЕ8		+		+	17	Десятичный счетчик с дешифратором позиционного кода
36	ИЕ9			+	+	22	Счетчик-делитель на 8
37	ИЕ10			+	+	МС145 20А	Два 4-разрядных счетчика

№	Обозначение	Серия 164	К176	564	К561	Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
38	ИЕ11			+	+	МС145 16А	4-разрядный реверсивный счетчик
39	ИЕ12		+			—	Двоичный счетчик на 60 и 15-разрядный делитель частоты
40	ИЕ13		+			—	Двоичный счетчик с устройствами управления
41	ИЕ14			+		29	Двоичный/двоично-десятичный 4-разрядный реверсивный счетчик с предварительной установкой
42	ИЕ15			+		59	Программируемый счетчик
43	ИЕ17		+			—	Двоичный счетчик с устройствами управления
44	ИД1	+	+	+		28	Дешифратор 4-разрядного кода в позиционный десятичный
45	ИД2		+			—	Дешифратор двоичного кода для вывода на 7-сегментный индикатор
46	ИК1			+		—	Строенный мажоритарный мультиплексорный элемент
47	ИМ1	+	+	+	+	08	4-разрядный полный сумматор
48	ИР2	+	+	+		15	Сдвоенный 4-разрядный статический регистр сдвига
49	ИР3	+	+			—	4-разрядный универсальный регистр сдвига
50	ИР4		+			—	64-разрядный последовательный регистр сдвига

№	Обозначение	Серия 164	К176	564	К561	Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
51	ИР6			+	+	34	8-разрядный регистр сдвига
52	ИР9			+	+	35	4-разрядный последовательно-параллельный регистр
53	ИР10	+	+			06	18-разрядный регистр сдвига
54	ИР11			+	+	MC145 80CP	Многоцелевой регистр
55	ИР12			+	+	—	Многоцелевой регистр 4×4 бит
56	ИП2			+	+	MC145 85A	4-разрядный компаратор
57	ИП3			+		MC145 81A	4-разрядное арифметическо-логическое устройство
58	ИП4			+		MC145 82A	Схема сквозного переноса
59	ИП5			+	+	MC145 54A	Универсальный двухразрядный умножитель
60	КП1			+	+	52	Сдвоенный 4-канальный мультиплексор
61	КП2			+		51	8-канальный мультиплексор
62	РМ1		+			05	Матрица-накопитель ОЗУ на 16 бит
63	РУ2		+	+	+	61	ОЗУ на 256 бит со схемами управления
64	СА1			+	+	MC145 31A	12-разрядная схема сравнения
65	ЛА10			+		107	2 (2И-НЕ) с мощным открытым выходом
66	ИЕ16				+	20A	14-разрядный двоичный счетчик-делитель

№	Обозначение	Серия				Обозначение функц. аналога	Функциональное назначение
		164	К176	564	К561		
67	ИЕ17		+			—	Двоичный счетчик с устройством управления (календарь)
68	ИЕ18		+			—	Двоичный счетчик на 60 с 15-разрядным делителем частоты и генератором сигнала звонка
69	ИЕ19			+		18	5-разрядный счетчик Джонсона
70	ИД3		+			—	Дешифратор двоичного кода в семисегментный
71	ИР1			+		06	18-разрядный регистр сдвига
72	ИР13			+		MM54C 905	12-разрядный регистр последовательного приближения

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

ПРОСТОЙ СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

А. ДЬЯКОВ

Стереофонический усилитель низкой частоты можно представить как взаимосвязанную совокупность сравнительно простых блоков, распределенных на два тракта усиления — левый и правый стереоканалы, как это показано на структурной схеме рис. 1 (блок питания не показан, но он также является неотделимой частью стереофонического усилителя).

Усилитель, о котором пойдет речь, обеспечивает:

воспроизведение стереозаписи с грампластинок с помощью пьезоэлектрического звукоснимателя, а также с помощью распространенного высококачественного ЭПУ «Вега-106», когда сигнал с уровнем 250 мВ подается с предварительного усилителя-корректора, смонтированного в самом ЭПУ; воспроизведение монозаписи с грампластинок с помощью пьезоэлектрического звукоснимателя; усиление

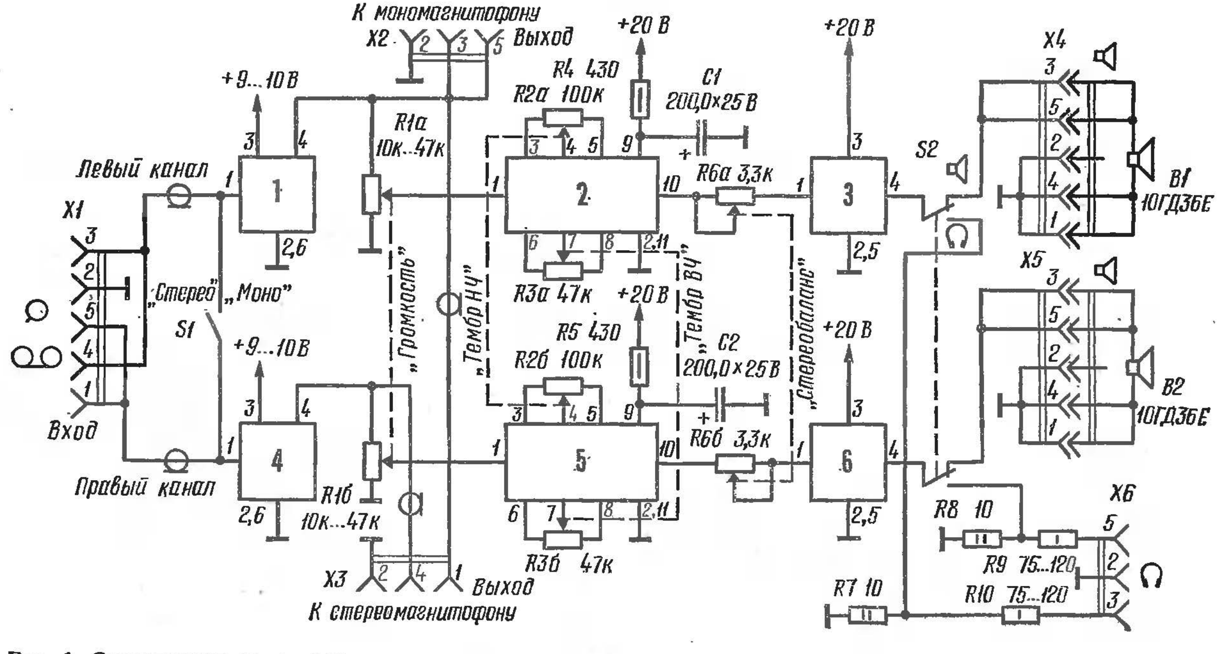


Рис. 1. Структурная схема усилителя

записи с переносных монофонических и стереофонических магнитофонов; запись с грампластинок (моно или стерео) на моно- или стереомагнитофон (участвуют только два входных согласующих блока).

Источник сигнала (ЭПУ или магнитофон) подключается к универсальному входу *(X1)*. В зависимости от характера входного сигнала тумблер рода работы *S1* ставится в положение «Моно» или «Стерео». Магнитофон при записи подключается либо к приборному гнезду *X2* «К мономагнитофону», либо к *X3* «К стереомагнитофону». Номинальный уровень сигнала на входе усилителя 250 мВ, максимально допустимый — 0,7 В. Входное сопротивление каждого канала 1 МОм.

Мощность, развиваемая усилителем по каждому каналу, составляет 4 Вт на нагрузке 4 Ом. Об акустических системах речь пойдет ниже. К усилителю могут быть подключены стереофонические динамические головные телефоны ТДС-1 (или другого типа) с модулем полного электрического сопротивления 8—16 Ом, имеющие номинальную мощность 2 мВт, максимальную — 0,5 Вт и снабженные вилкой СШ-5.

При прослушивании записей с помощью головных телефонов выносные громкоговорители *B1* и *B2* переключателем *S2* отключаются.

Усилитель имеет регулировку громкости *(R1а, R1б)*, раздельную по низкой и высокой частоте регулировку тембра *(R2а, R2б)*, *(R3а, R3б)* и регулировку стереобаланса *(R6а, R6б)*.

Амплитудно-частотная характеристика равномерная в диапазоне 20 Гц — 20 кГц.

Рассмотрим функциональные блоки усилителя.

С о г л а с у ю щ и й к а с к а д. На рис. 2 приведена принципиальная схема предварительного согласующего каскада. Это истоковый повторитель, собранный на полевом транзисторе *V1* с $p-n$ переходом и каналом n-типа, у которого напряжение питания, подаваемое на сток, положительно. Питающее напряжение (9—10,5 В) стабилизировано стабилитроном, установленным в блоке питания. Стабилизация нужна для обеспечения постоянства рабочей точки на динамической стоко-затворной вольт-амперной характеристике полевого транзистора, режим работы которого определяется делителем *R1R2* (в данном случае напряжение на затворе +1 В). Как показали измерения, крутизна динамической характеристики в рабочей точке $S = 1{,}5$ мА/В. Большая протяженность линейного участка динамической характеристики обеспечивает неискаженную

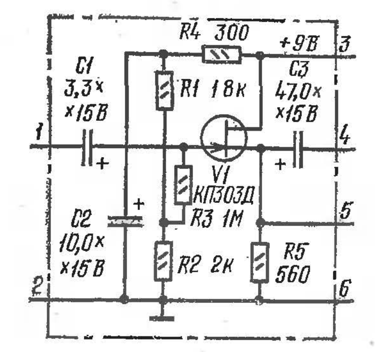


Рис. 2. Принципиальная схема предварительного каскада

Рис. 3. Принципиальная схема темброблока

передачу сигнала с амплитудой до 1 В (0,7 В эффективных). Входное сопротивление истокового повторителя 1 МОм; амплитудно-частотная характеристика равномерна в полосе 20 Гц — 30 кГц; коэффициент передачи 0,7; выходное сопротивление около 250 Ом.

Ток, потребляемый каскадом, в зависимости от экземпляра полевого транзистора составляет 3,5 мА ± 10 %. Повторяемость схемы хорошая. (Следует заметить, что вместо указанного согласующего каскада может быть применен универсальный входной блок, описанный автором в сборнике ВРЛ № 62.)

Темброблок. Его схема приведена на рис. 3. Это двухкаскадный усилитель. Первый каскад — эмиттерный повторитель на транзисторе *V1*, второй — усилитель напря-

жения на составном транзисторе *V2, V3*. Между каскадами включен *RC*-мост — частотно-зависимая комбинация резисторов *R5 — R10* и конденсаторов *C3—C5*. Потенциометр *R6* обеспечивает подъем или завал амплитудно-частотной характеристики в области низких частот относительно частоты 1 кГц, а потенциометр *R9* выполняет аналогичную задачу в области высоких частот. На структурной схеме (см. рис. 1) они обозначены *R2* и *R3* соответственно.

Параметры темброблока: входной сигнал 50—100 мВ; коэффициент передачи на частоте 1 кГц при среднем положении движков потенциометров равен 1; максимальный выходной сигнал при отсутствии искажений 1,3 В; входное сопротивление 47 кОм; сопротивление нагрузки 3 кОм; глубина регулировки тембра на частотах 50 и 12 500 Гц ± ± 20 дБ; потребляемый ток 3,5—4,5 мА.

Усилитель мощности. Принципиальная схема усилителя мощности показана на рис. 4. Первый каскад построен по схеме с общим эмиттером на транзисторе *V3*. Предоконечный фазоинверсный каскад построен по последовательной двухтактной схеме на транзисторах *V4* (*n-p-n*) и *V5* (*p-n-p*).

Выходной каскад выполнен по двухтактной бестрансформаторной схеме с последовательно соединенными транзисторами *V6* и *V7*.

В усилителе мощности обеспечивается равномерная амплитудно-частотная характеристика благодаря глубокой частотно-независимой отрицательной обратной связи. Напряжение обратной связи снимается с нагрузки выходного каскада и подается в цепь базы первого каскада через резистор *R2* и цепочку *C3R4*.

Для устранения искажений сигнала типа «ступенька» на базы транзисторов *V4, V5* подано напряжение смещения, снимаемое с диодов *V1, V2*. Кроме того, как термочувствительные элементы эти диоды поддерживают в заданных пределах ток покоя выходных транзисторов *V6, V7* при изменении температуры окружающей среды.

Входное сопротивление усилителя мощности 3,3 кОм. На структурной схеме (см. рис. 1) показаны сдвоенные переменные резисторы *R6а* и *R6б*. Их движки включены так, что увеличению сопротивления одного резистора соответствует уменьшение сопротивления другого. Так своеобразно осуществляется балансировка каналов усилителя. Номинал переменного резистора (3,3 кОм) берется равным входному сопротивлению усилителя мощности и таким образом ограничивается глубина регулировки стереобаланса только двукратным изменением усиления одного канала по

отношению к другому, что соответствует ±6 дБ. Более глубокая регулировка практически не нужна. Для упрощения схемы и эксплуатации стереофонического усилителя регулировку стереобаланса, применяемую редко, можно и исключить, а при воспроизведении записей довольствоваться стереоэффектом, который содержит грамзапись. При этом, разумеется, усиление обоих каналов усилителя мощности должно быть одинаковое.

Нагрузкой каждого канала усилителя может служить самодельная акустическая система, в которой установлен широкополосный электродинамический громкоговоритель, например 4ГД-28, 4ГД-35, 4ГД-36 или 10ГД-36. Громкоговоритель размещается в открытом корпусе (задняя стенка имеет серию отверстий). Наилучший результат дает применение 10 ГД-36Е в корпусе из фанеры толщиной 10—12 мм. Размер корпуса (внутренний) 400×270×180 мм. Минимально допустимый размер корпуса 290×245×115 мм. Корпус акустической системы можно склеить казеиновым клеем и одновременно скрепить мелкими гвоздями длиной 30 мм с шагом 40—50 мм. Передняя стенка должна быть «утоплена» на 15 мм. В образовавшееся углубление вставляется рамка, обтянутая легкой и редкой декоративной тканью. Отверстие под диффузор громкоговорителя на передней стенке делается диаметром 180 мм. Центр отверстия сдвинут вверх на 80 мм от центра передней стенки. Со стороны задней стенки внутри корпуса прибивается буртик, также «утопленный» на 10—15 мм. К нему шурупами крепится задняя стенка с серией отверстий. Через сутки после склеивания корпус зачищается стеклянной шкуркой, наклеенной на деревянный брусок. Затем приклеивается шпон.

Из фабричных акустических систем могут быть использованы 4АС-1, 6АСЛ-1, 6АСШ-2, 6МАС-4, имеющие модуль полного электрического сопротивления 4 Ом. Можно рекомендовать малогабаритную акустическую систему компрессионного типа автора П. Строчкова (сборник «В помощь радиолюбителю», № 73, стр. 24—28).

Усилитель с указанными акустическими системами обеспечивает вполне достаточную громкость в условиях современных квартир в комнате площадью 20—30 кв. м при хорошей верности воспроизведения грамзаписи и приятном тембре звучания.

Блок питания (рис. 5) построен на базе унифицированного трансформатора ТН-30 (*T1*) и имеет электронно-стабилизированный выход. Регулирующий транзистор *V7* управляется двумя транзисторами *V6, V8* и стабилитроном

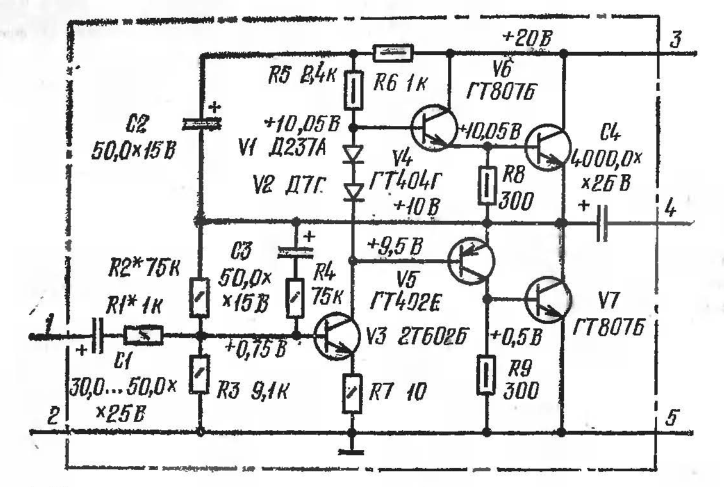


Рис. 4. Принципиальная схема усилителя мощности

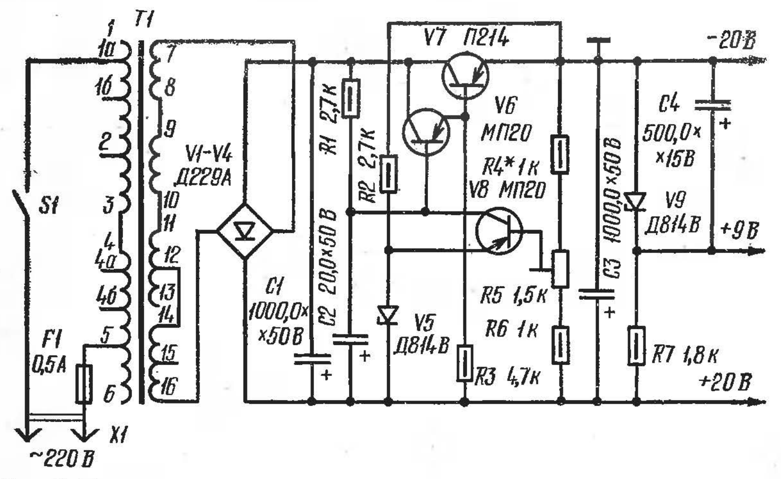


Рис. 5. Принципиальная схема блока питания

V5. Уровень выходного напряжения (20 В) выставляется потенциометром *R5*. В блоке размещен стабилизатор напряжения для входных согласующих каскадов (*V9*).

В качестве силового трансформатора *T1*, вместо ТН-30-127/220—50, может быть применен трансформатор от любого сетевого лампового приемника, у которого сетевая обмотка не изменяется, а заново проводом ПЭВ-2 0,51 наматывается вторичная обмотка. Число ее витков определяется делением числа витков сетевой обмотки на 220 и

умножением полученной цифры на 24. Число витков сетевой обмотки, рассчитанной на 220 В, берется из паспорта на трансформатор.

Конструкция. Монтируется усилитель на отдельных платах из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. Поскольку многие детали имеют такие габариты и массу, что их надо специально закреплять на плате, то в этом случае объемно-навесной монтаж предпочтительнее. Транзисторы *V6, 7V* крепятся совместно с радиаторами охлаждения. Размеры платы определяются габаритами деталей, в том числе и радиаторов, в качестве которых можно использовать покупные заготовки размером 40×60×20 мм. Блок питания монтируется объемно-навесным способом на пластине из текстолита или другого изоляционного материала толщиной 4 мм. Транзистор *V7* устанавливается на радиаторе охлаждения такого же размера, что и для выходных транзисторов.

Крепление плат — вертикальное, позволяющее полнее использовать объем корпуса. Блок питания крепится горизонтально. Корпус и шасси выполняются по принципу спичечного коробка. Корпус — из фанеры толщиной 10—12 мм, оклеивается шпоном ценных пород дерева. Вдвигаемое шасси усилителя представляет собой пластину из фанеры толщиной 10—12 мм и двух стенок — передней и задней, желательно из изоляционного материала с декоративным покрытием. На передней стенке крепятся потенциометры регулятора громкости, тембра и стереобаланса и выключатель сети *(S1)* блока питания. На задней стенке крепятся все приборные гнезда типа СШ-5, а их шесть, переключатель «Моно-Стерео» (*S1* на рис. 1), переключатель «Громкоговоритель-Стереотелефоны» (*S2* на рис. 1), предохранитель *F1* блока питания. В местах, свободных от арматуры, и в днище футляра шасси делаются вентиляционные отверстия. Футляр имеет круглые ножки высотой 10 мм, оклеенные снизу фетром.

Радиоэлементы, показанные на рис. 1 и не вошедшие в принципиальную схему соответствующей платы, монтируются объемно-навесным способом. Платы *1, 4, 2, 5* располагаются около передней панели, а платы *3, 6* и блок питания ближе к задней панели. Входные цепи от разъема *X1* и цепи к разъемам *X2* и *X3* рекомендуется выполнять экранированным проводом. Экран соединяется с общим «корпусом». Экранированные провода заключают в хлорвиниловые трубки, что позволяет прокладывать их без нежелательных замыканий цепей. При общем монтаже усилителя конденсатор *C1* в блок усилителя мощности можно

не ставить, так как разделительный конденсатор *C7* стоит на выходе темброблока.

О деталях. Вначале о резисторах. Для регулировки громкости применяются сдвоенные резисторы, переменные непроволочные — любого типа с функциональной зависимостью «В» (можно и «А»).

Для регулировки тембра и стереобаланса применяются аналогичные резисторы, но с функциональной зависимостью «А». Удобны для монтажа переменные резисторы с поворотным движком, хотя ползунковые подходят больше по стилю современного дизайна в бытовой аппаратуре. Резисторы *R7*, *R8* — ОМЛТ-2, *R9* — *R10* ОМЛТ-1 (см. рис. 1). Конденсаторы, как видно из схем, в основном электролитические, применяются также любых типов с учетом указанных рабочих напряжений. Для печатного монтажа подойдут К50-6.

Конденсаторы *C3*, *C4*, *C5* в регуляторе тембра составляются из двух (или трех) соединенных параллельно конденсаторов меньших номиналов.

Детали должны быть заведомо исправны. Особое внимание уделяется транзисторам и диодам. Транзисторы все без исключения проверяются, причем средней мощности (ГТ402, ГТ404, КТ602) при коллекторном токе 25 мА, а транзисторы большой мощности — при токе 0,5 А.

Таблица 1

№ рисунка	Обозначение	Имеется $h_{21э}$	Возможная замена
2	*V1*	КП303Д	КП303Г-И, 2П303Г-И, КП305А-Г, КП302А-В
3	*V1*—*V3*	КТ312В 100—130	2Т203Д, КТ315Б, Г, Е, КТ301Ж, 2Т301Ж
	V1	Д237А	Д7Г, Д, В, Д226Г
	V2	Д7Г	Д7Д, Д226Г, Д237А
4	*V3*	КТ602Б 75—150	КТ603Б, Г, Е
	V4	ГТ404Г 65	ГТ404Б, ГТ614А
	V5	ГТ402Е 65	ГТ402И, ГТ403Б, Г, Д, ГТ403Б, Г, Д
	V6, *V7*	ГТ807Б 40—80	П701Б, КТ801Б
	V1—*V4*	Д229А	Д229Н, К, КД205Г, В, Б, КЦ405Е, КЦ402Д-КЦ405Д
5	*V5*, *V9*	Д814В	Д814Б
	V6, *V8*	МП20 75	МП21А-Е, МП25Б, МП26Б
	V7	П214 40—75	П214А-Г, П213, П215

Значение статического коэффициента передачи тока $h_{21э}$ для транзисторов усилителя указано в табл. 1. В ней же указаны и возможные замены транзисторов и диодов. Транзисторы *V4*, *V5* (см. рис. 4) следует подобрать с одинаковыми $h_{21э} \pm 10$ %, аналогичное условие и для транзисторов *V6*, *V7* (см. рис. 4).

Регулировка. Каждый блок проверяется на функционирование и регулируется отдельно. Затем блоки соединяются и проверяется усилитель в целом.

Блок питания. К выходным контактам блока питания подключается нагрузочный резистор с номиналом 40 Ом и мощностью рассеивания 10 Вт. Потенциометром *R5* устанавливается выходное напряжение 20 В. Потом нужно заменить эквивалент нагрузки на 400 Ом и убедиться, что выходное напряжение не изменяется. Таким образом находится положение потенциометра *R5* для устойчивой работы блока питания при нагрузке и ее отключении. В дальнейшем потенциометр *R5* может быть заменен двумя постоянными резисторами, сопротивление которых измерено после окончания регулировки блока питания.

Согласующий каскад проверяется только на функционирование, темброблок — на функционирование, замеряется потребляемый ток при нагрузке 3 кОм и входном сигнале 100 мВ.

Усилитель мощности каждого канала регулируется отдельно. Указанные на схеме режимы транзисторов устанавливаются при подключенной нагрузке. Подбором резистора *R2* обеспечивается напряжение +10 В в точке подключения выходного конденсатора *C4*. Измерение делается через 10 с, в течение которых заряжается конденсатор *C3*. Вначале используется эквивалент нагрузки (два резистора ОМЛТ-2 8,2 Ом, включенные параллельно). Ток покоя выходного каскада 15±30 % мА. При синусоидальном сигнале на частоте 1 кГц потребление возрастает и при выходной мощности 4 Вт составляет 0,4—0,45 А.

Функционирование всего усилителя проверяется при воспроизведении грамзаписи. Контролируется качество звучания с подключенными громкоговорителями и замеряется суммарный ток от блока питания по цепи с напряжением +20 В. Средний потребляемый ток 150—180 мА; при продолжительной громкой записи +250 мА; при пиковой громкости 0,5 А.

СОДЕРЖАНИЕ

ББК 32.884.19
В80

Рецензент кандидат технических наук С. А. Бирюков

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 81 /
В80 Сост. Э. П. Борноволоков.— М.: ДОСААФ, 1983.—80 с., ил.
35 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начинающих и квалифицированных радиолюбителей.
Для широкого круга радиолюбителей.

В $\frac{2402020000-042}{072(02)-83}$ 29—83 ББК 32.884.19
6Ф2.9

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ

Выпуск 81

Составитель *Эдуард Павлович Борноволоков*

Редактор М. Е. Орехова. Художник В. А. Клочков. Художественный редактор Т. А. Хитрова. Технический редактор С. А. Бирюкова. Корректор Е. А. Платонова.

ИБ № 1416.

Сдано в набор 22.09.82 г. Подписано в печать 07.04.83 г. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. п. л. 4,20. Уч.-изд. л. 4,75. Тираж 700 000 (1 зав. 1—350000). № заказа 3-179. Цена 35 к. Изд. № 2/г-218.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР
129110, Москва, Олимпийский просп., 22.

Отпечатано с матриц ГПРПО «Полиграфкнига» на Киевской книжной фабрике, 252054, Киев, ул. Воровского, 24.